Zecken, Insekten und andere Gliederfüßer als Erreger und Überträger von Krankheiten



Horst ASPÖCK

Denisia **6**, zugleich Kataloge
des OÖ. Landesmuseums,
Neue Folge Nr. **184** (2002), 397-445

Abstract:

Ticks, insects, and other arthropods as pathogens and vectors

Arthropods may cause diseases in very different ways. They may be the causative agents of parasitic diseases, of allergies, of toxic reactions, and even of psychiatric alterations, and – in connection with bloodsucking – they may transmit a large number of pathogens.
For millennia arthropods, and in particular bloodsucking arthropods have attracted the attention of humans. For a long time, however, the most important aspect was the molestation by ectoparasites rather than disease. Only in the second half of the 19th century it was definitely demonstrated that arthropods may transmit pathogens causing infectious diseases. In fact, by far the most important feature of bloodsukking arthropods – ticks, mites, lice, bugs, fleas, mosquitoes, sandflies, black flies ... is their ability to transmit pathogens, thus causing a great variety of infectious diseases: Tick-borne encephalitis (TBE), various forms of borreliosis, typhus, Chagas disease, plague, malaria, yellow fever, dengue, many other infections due to arboviruses, onchocercosis, filariosis ... Central Europe, with its temperate climate, harbours comparatively few arthropods of high medical significance, and also in this part of the world they are much more important as vectors than as a direct cause of disease. The most important arthropod-borne diseases in Central Europe are Tickborne Encephalitis (TBE) and borreliosis, both transmitted by ticks. However, mosquitoes may also act as vectors of pathogens in Central Europe; they transmit several arboviruses (bunyaviruses, flaviviruses, togaviruses), some of which are being introduced more or less regularly by migrating birds from tropical regions. And, after all, sandflies, recently identified as autochthonous in Central Europe, might transmit *Leishmania infantum* also in this part of the world.

Key words: Arthropods, Central Europe, parasitic disease, allergies, intoxication vectors, intermediate hosts, ticks, mites, lice, bugs, fleas, mosquitoes, sandflies, bacteria, viruses, Protozoa.

1 Einleitung

In keiner anderen Organismengruppe finden wir so vielfältige Formen, Strategien und Mechanismen der Bedrohung der Gesundheit des Menschen wie unter den Arthropoden.

Protozoen und Helminthen sind fast ausschließlich als Krankheitserreger von Bedeutung und zwar durch das Faktum des Parasitismus selbst, indem diese Erreger in den Körper eindringen, sich vermehren (Protozoen) oder auch nicht vermehren (die meisten Helminthen), aber jedenfalls durch ihre Präsenz ihrem Wirtsorganismus Schaden zufügen, indem sie letztlich – auf welche Weise immer auch – die Funktionen von Zellen, Geweben oder ganzen Organen stören.

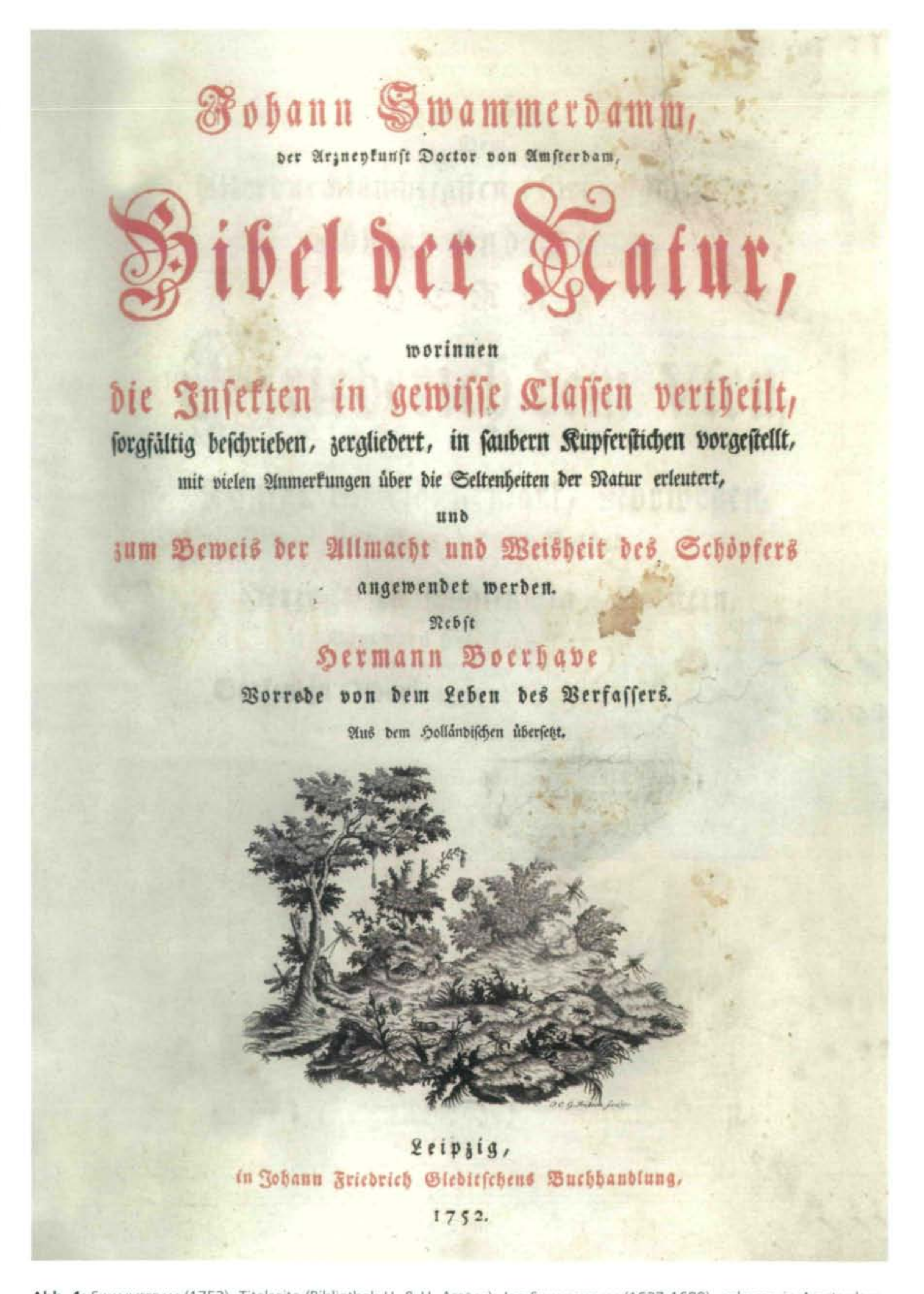
Manche Arthropoden können wohl in eben dieser – quasi gewöhnlichen – Form des Parasitismus den Menschen schädigen, doch sind dies Ausnahmen. Die überragende medizinische Bedeutung kommt den Arthropoden durch ihre Fähigkeit zu, Krankheitserreger zu übertragen.

Schon in der frühen zoologischen und medizinischen Literatur wurde Insekten und anderen Arthropoden größte Beachtung zuteil, und viele der alten Werke enthalten meist sorgfältig angefertigte Darstellungen von Läusen, Flöhen, Wanzen, Stechmücken, Zecken und anderen parasitischen Arthropoden. Einige Beispiele zeigen die Abbildungen 1-19 [Siehe auch BODENHEIMER (1928-1929), JAHN et al. (1982)]. Dieses große Interesse an den Ektoparasiten resultierte – durchaus verständlich – aus der Tatsache, dass sie allüberall gegenwärtig waren, dass man sie mit geradezu allen Sinnen – optisch, akustisch, olfaktorisch und taktil – wahrnehmen konnte und musste, dass sie die Menschen durch ihre Stiche quälten und gewiss bei so manchem auch Abscheu erregten. Ihre größte medizinische Bedeutung, nämlich die als Vektoren pathogener Mikroorganismen blieb – auch wenn manch vage, kryptische Überlegung angestellt wurde – unbekannt; auch dies kein Wunder, wusste man doch noch nichts über Protozoen, Bakterien und erst recht nichts über Viren als Krankheitserreger. (Trotzdem sollte man nicht vergessen, dass Antony van LEEUWENHOEK, 1632-1723, schon 1674 mit seinem Mikroskop *Giardia* gesehen, und dass Friedrich Freiherr von GLEICHEN, genannt RUSSWORM, 1717-1783, bereits Bakterien gefärbt und dargestellt hatte.)

Es ist erstaunlich, dass erst im Jahre 1884 erstmals die Übertragung eines Krankheitserregers durch blutsaugende Arthropoden gezeigt werden konnte; die Entdeckung gelang Patrick MANSON (1844-1922) durch den Nachweis von Larven der Filarien-Spezies *Wuchereria bancrofti* in Stechmücken (DÖNGES 1980). Und bis zum Jahre 1880 kannte man nicht die Ursache der Malaria! Im November 1880 entdeckte der französische Militärarzt Alphonse LAVERAN (1845-1922) den Erreger im Blut eines Malaria-Kranken, aber erst im Jahre 1898 gelang dem späteren Nobelpreisträger Ronald Ross (1857-1932) der Nachweis der Übertragung von Plasmodien durch Culiciden.

2 Übersicht über medizinisch relevante Arthropoden

Das Taxon „Arthropoda" (deutsch Gliederfüßer), einer der Stämme des Tierreichs, selbst ist zwar sehr hetero-



Johann Swammerdamm,
der Arzneykunst Doctor von Amsterdam,

Bibel der Natur,

worinnen
die Insekten in gewisse Classen vertheilt,
sorgfältig beschrieben, zergliedert, in saubern Kupferstichen vorgestellt,
mit vielen Anmerkungen über die Seltenheiten der Natur erleutert,
und
zum Beweis der Allmacht und Weisheit des Schöpfers
angewendet werden.

Nebst
Hermann Boerhave
Vorrede von dem Leben des Verfassers.

Aus dem Holländischen übersetzt.

Leipzig,
in Johann Friedrich Gleditschens Buchhandlung,
1752.

Abb. 1: SWAMMERDAM (1752), Titelseite (Bibliothek H. & U. ASPÖCK); Jan SWAMMERDAM (1637-1680), geboren in Amsterdam, führte – ehe er sich ab etwa 1673 religiöser Schwärmerei hingab – umfassende Studien über die Anatomie und Metamorphose von Insekten durch. Seine berühmte Bibel der Natur erschien in der ersten (holländischen) Auflage erst 1737, also 57 Jahre nach seinem Tod; das Erscheinen dieses Werks ist dem Leidender Professor für Anatomie, Hermann BOERHAVE (1668-1738) zu verdanken, der SWAMMERDAMS nachgelassene Manuskripte erwarb und zu dem großartigen Werk zusammenstellte.

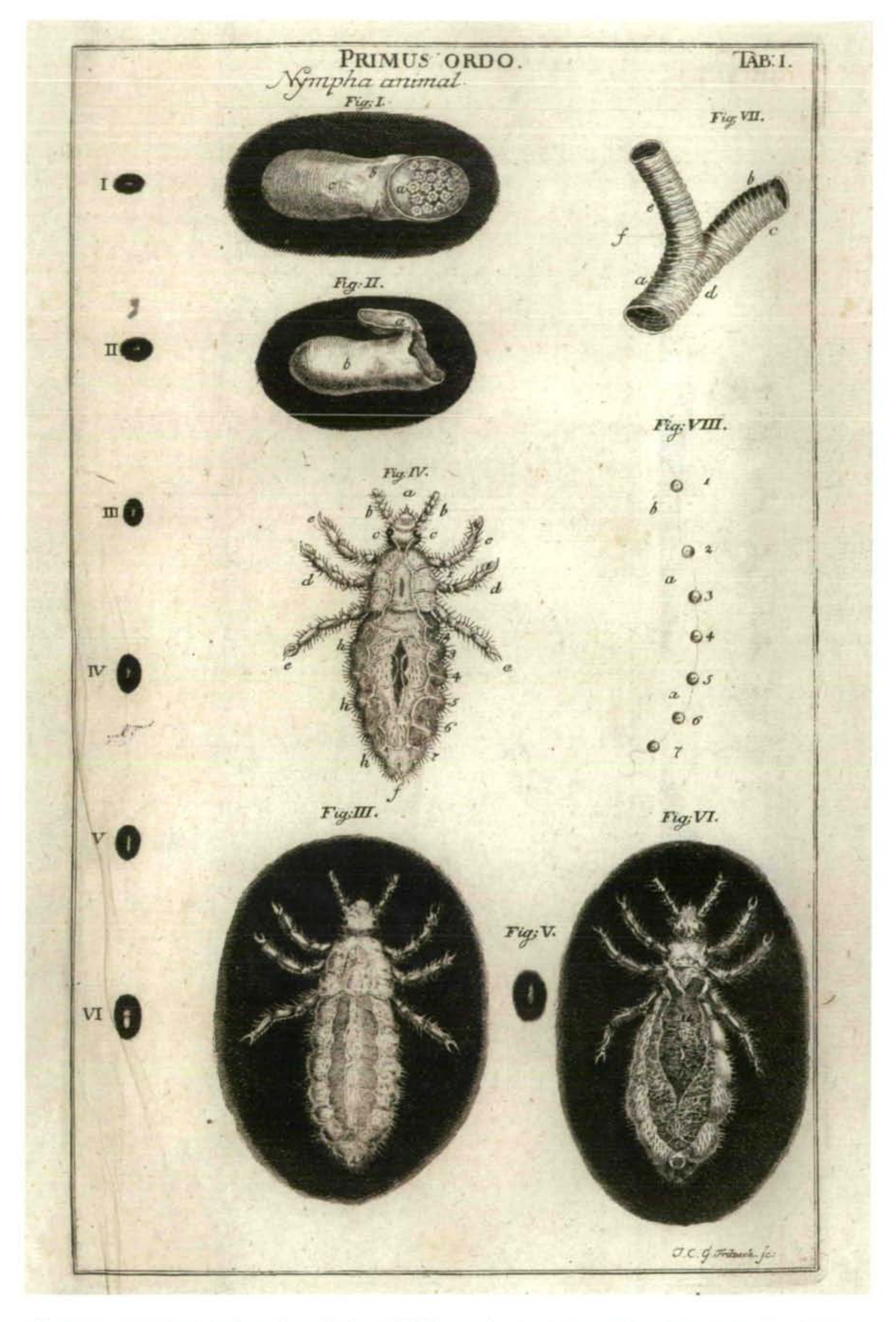


Abb. 2: SWAMMERDAM (1752), Tafel 1 mit verschiedenen Abbildungen der „Laus"; man beachte z.B. Fig. VII: Tracheen („Ein Aestgen der Luftadern in einer Laus").

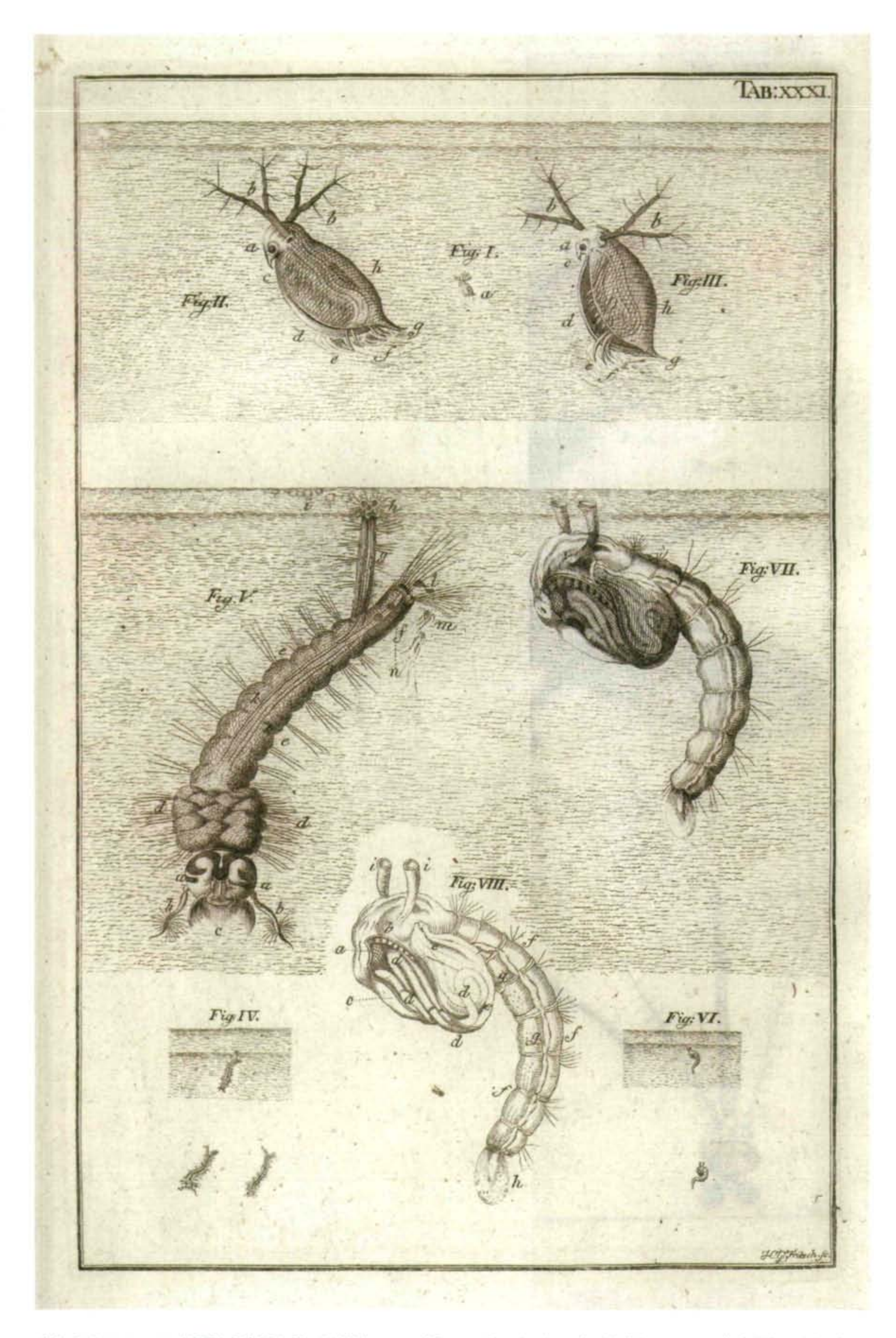


Abb. 3: SWAMMERDAM (1752), Tafel 31. Fig. IV-VII: Larve und Puppe einer Stechmücke (Culicinae: vermutlich *Culex pipiens*).

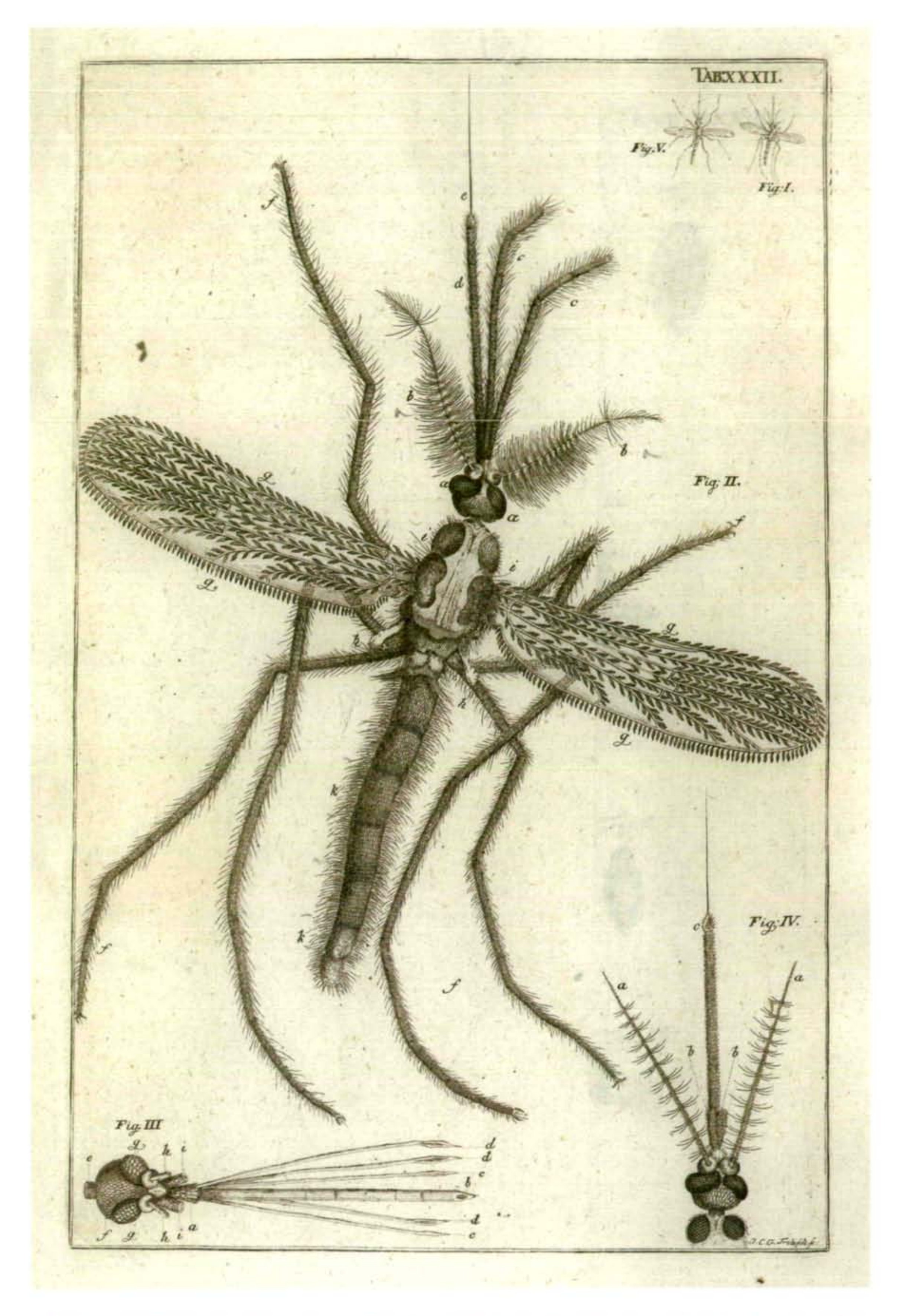
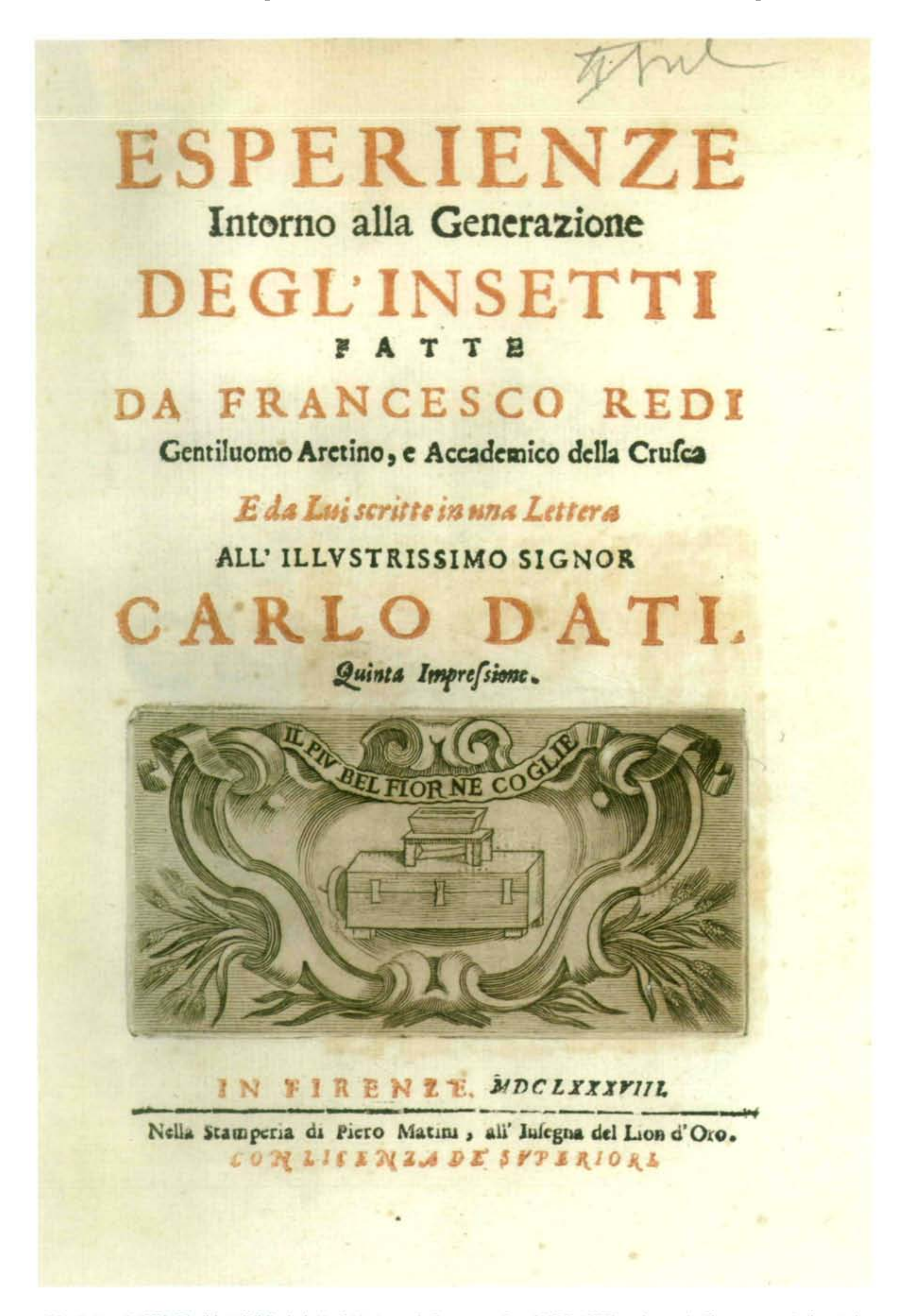


Abb. 4: SWAMMERDAM (1752), Tafel 32. Imago einer Stechmücke (Culicinae: vermutlich *Culex pipiens*). Fig. 2: „Das Mückenmännlein unter einem Vergrößerungsglase abgebildet"; Fig. 4: „Der Kopf und der Stachel des Weibgen".



ESPERIENZE
Intorno alla Generazione
DEGL' INSETTI
FATTE
DA FRANCESCO REDI
Gentiluomo Aretino, e Accademico della Crusca
E da Lui scritte in una Lettera
ALL' ILLVSTRISSIMO SIGNOR
CARLO DATI.
Quinta Impressione.

IN FIRENZE. MDCLXXXVIII.
Nella Stamperia di Piero Matini, all' Insegna del Lion d'Oro.
CON LICENZA DE' SVPERIORI

Abb. 5: Redi (1688), Titelblatt (Bibliothek H. & U. Aspöck); Francesco Redi (1626-1697), geboren in Florenz, war Leibarzt des Großherzogs von Toscana und einer der bedeutendsten Experimentatoren der Zoologie des 17. Jahrhunderts. Er widerlegte die Vorstellung von einer Urzeugung der Insekten und schuf die Grundlagen einer Helminthologie und Parasitologie.

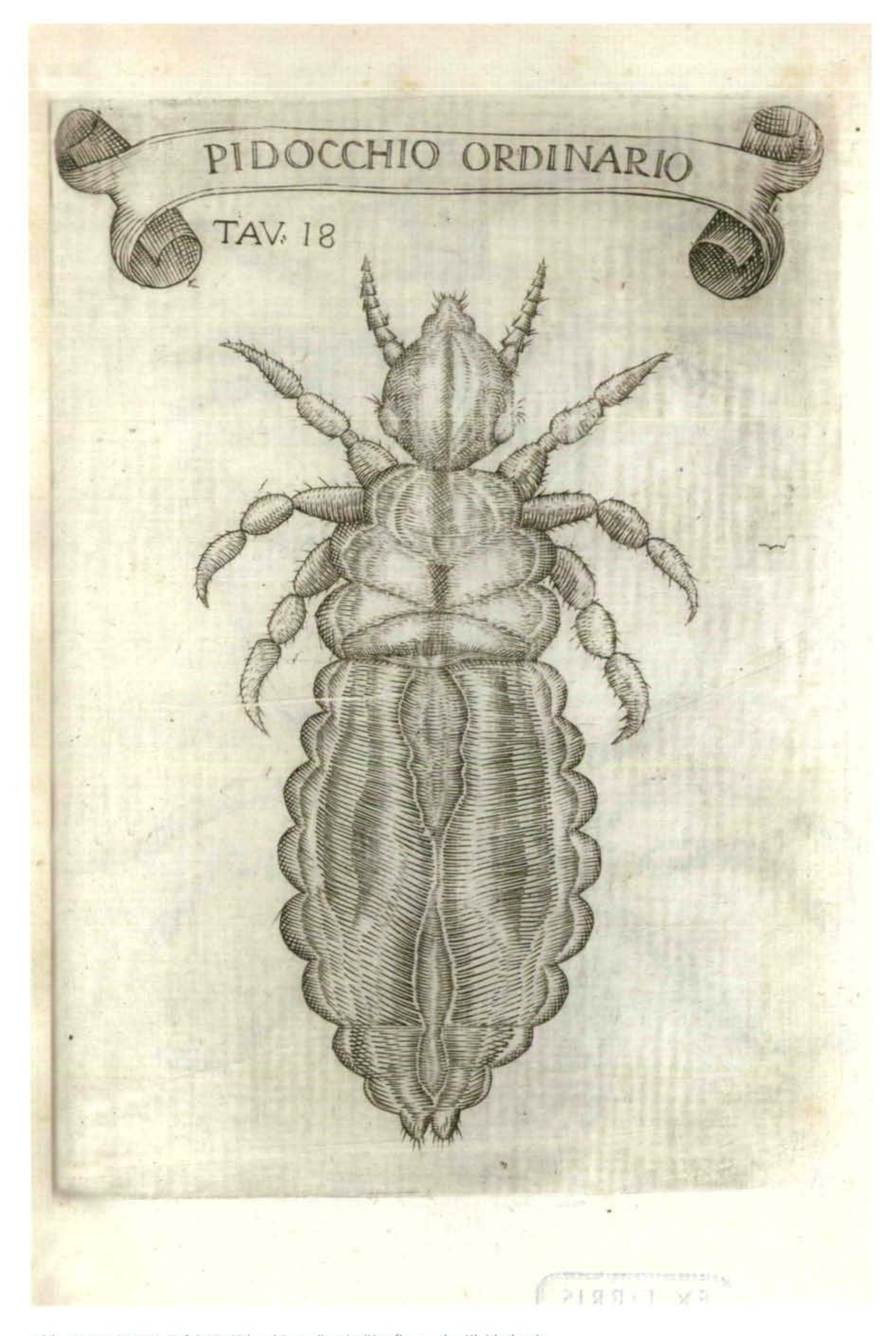


Abb. 6: REDI (1688), Tafel 18: Pidocchio ordinario (Kopflaus oder Kleiderlaus).

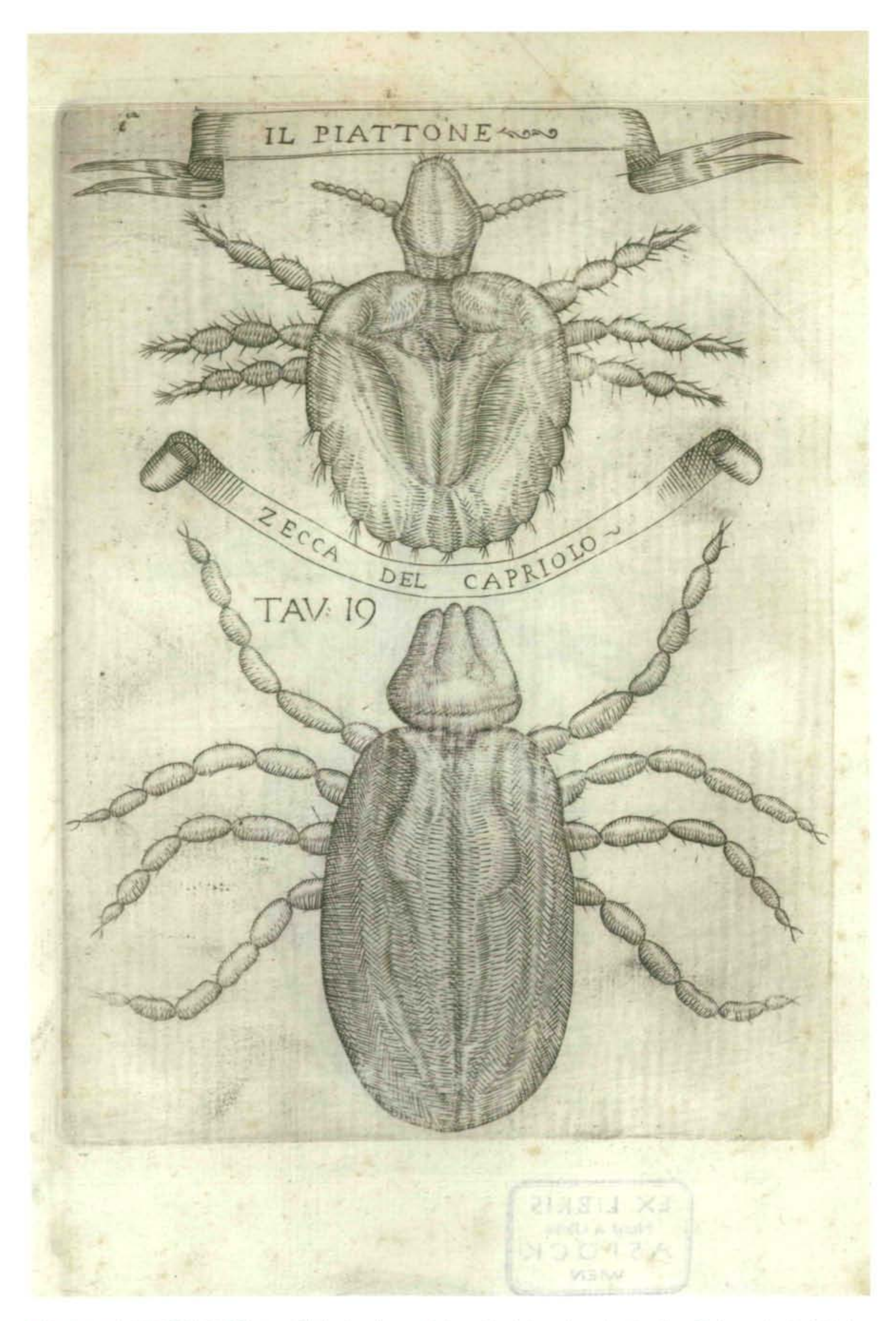


Abb. 7: REDI (1688), Tafel 19: Il Piattone (Filzlaus) und zecca del capriolo („eine schwer bestimmbare Zecke, wahrscheinlich *Ixodes* sp."; BODENHEIMER 1928-1929).

MEMOIRES
POUR SERVIR A L'HISTOIRE DES INSECTES.

Par M. DE REAUMUR, *de l'Académie Royale des Sciences, de celle de Petersbourg, & de l'Académie de l'Institut de Bologne, Commandeur & Intendant de l'Ordre royal & militaire de Saint Louis.*

TOME QUATRIE'ME.

Histoire des Gallinsectes, des Progallinsectes, & des Mouches à deux aîles.



A PARIS,
DE L'IMPRIMERIE ROYALE.

M. DCCXXXVIII.

Abb. 8: REAUMUR (1738), Band IV, Titelseite (Bibliothek H. & U. ASPÖCK); René-Antoine Ferchault de REAUMUR (1683-1757), geboren in La Rochelle, lebte nach seinem Jus-Studium an der Universität Paris als Privatgelehrter seinen naturwissenschaftlichen Interessen. Sein sechsbändiges Werk über Insekten gehört zu den Meilensteinen der Entomologie.

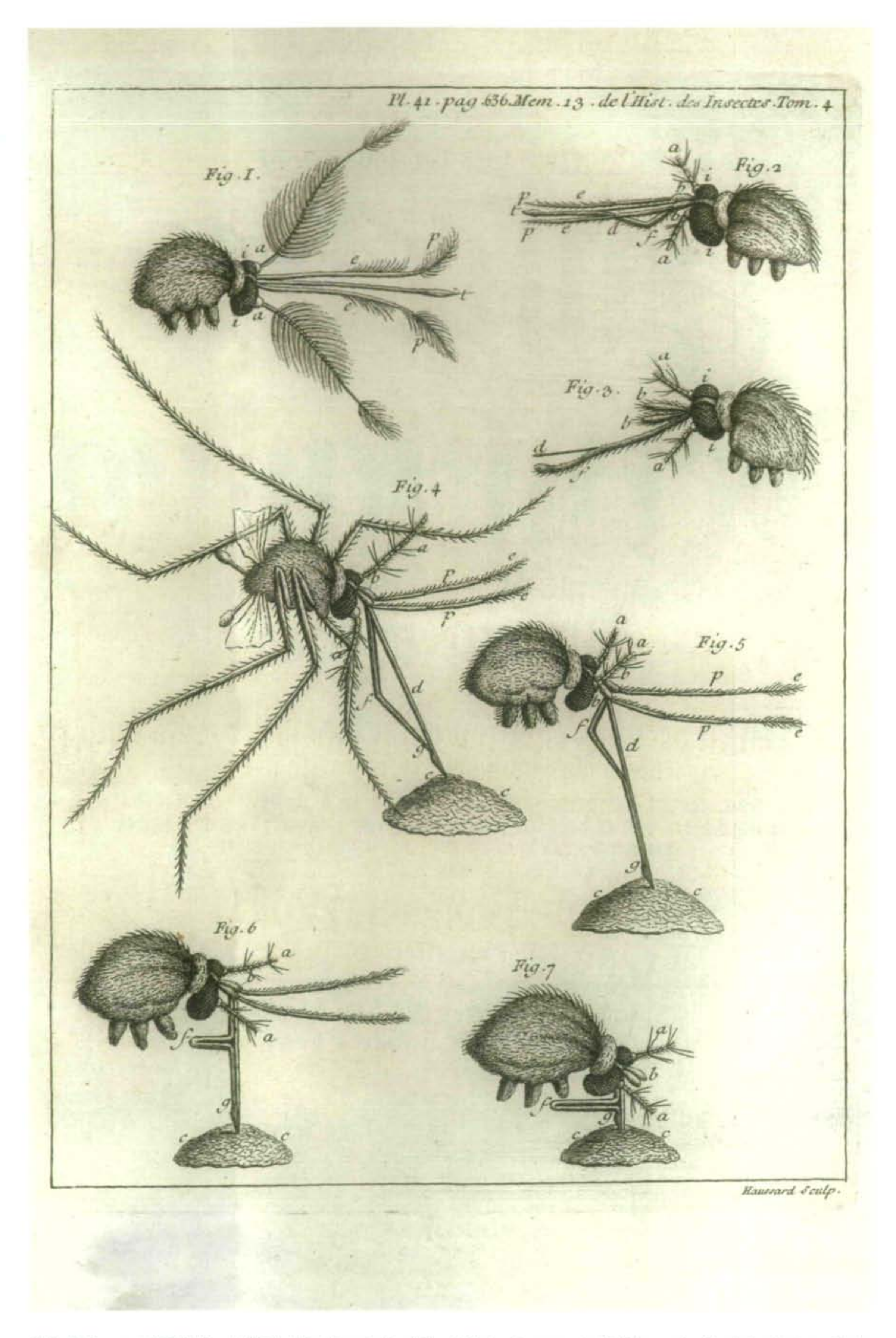


Abb. 9: REAUMUR (1738), Band IV, Tafel 41: Hier wird (auf Fig. 4-7) der Vorgang des Einführens des Stechrüssels eines Stechmückenweibchens beim Blutsaugen veranschaulicht. Das abgewinkelte Labium dient als Führungsrinne.



Der
monatlich-herausgegebenen
Insecten-
Belustigung
Zweyter Theil,
welcher
acht Classen verschiedener sowohl inländischer / als auch einiger ausländischer Insecte enthält:
Alle nach ihrem Ursprung, Verwandlung und andern wunderbaren Eigenschafften, grösstentheils aus eigener Erfahrung beschrieben, und in sauber illuminirten Kupfern, nach dem Leben abgebildet, vorgestellet
von
August Johann Rösel,
Miniatur-Mahlern.

Nürnberg, zu finden bey dem Verfasser.
Gedruckt bey Johann Joseph Fleischmann.
1749.

Abb. 10: Rösel (1749), Titelseite (Bibliothek H. & U. Aspöck); August Johann Roesel von Rosenhof (1705-1759) war Kupferstecher und Miniatur-Maler in Nürnberg und schuf mit seiner „Insekten-Belustigung" (das Werk erschien in einzelnen Teilen regelmäßig seit 1740) ein in der entomologischen Literatur des 18. Jahrhunderts durch Umfang, Sorgfalt der Beobachtungen und Beschreibungen und Schönheit der kolorierten Tafeln herausragendes Werk.

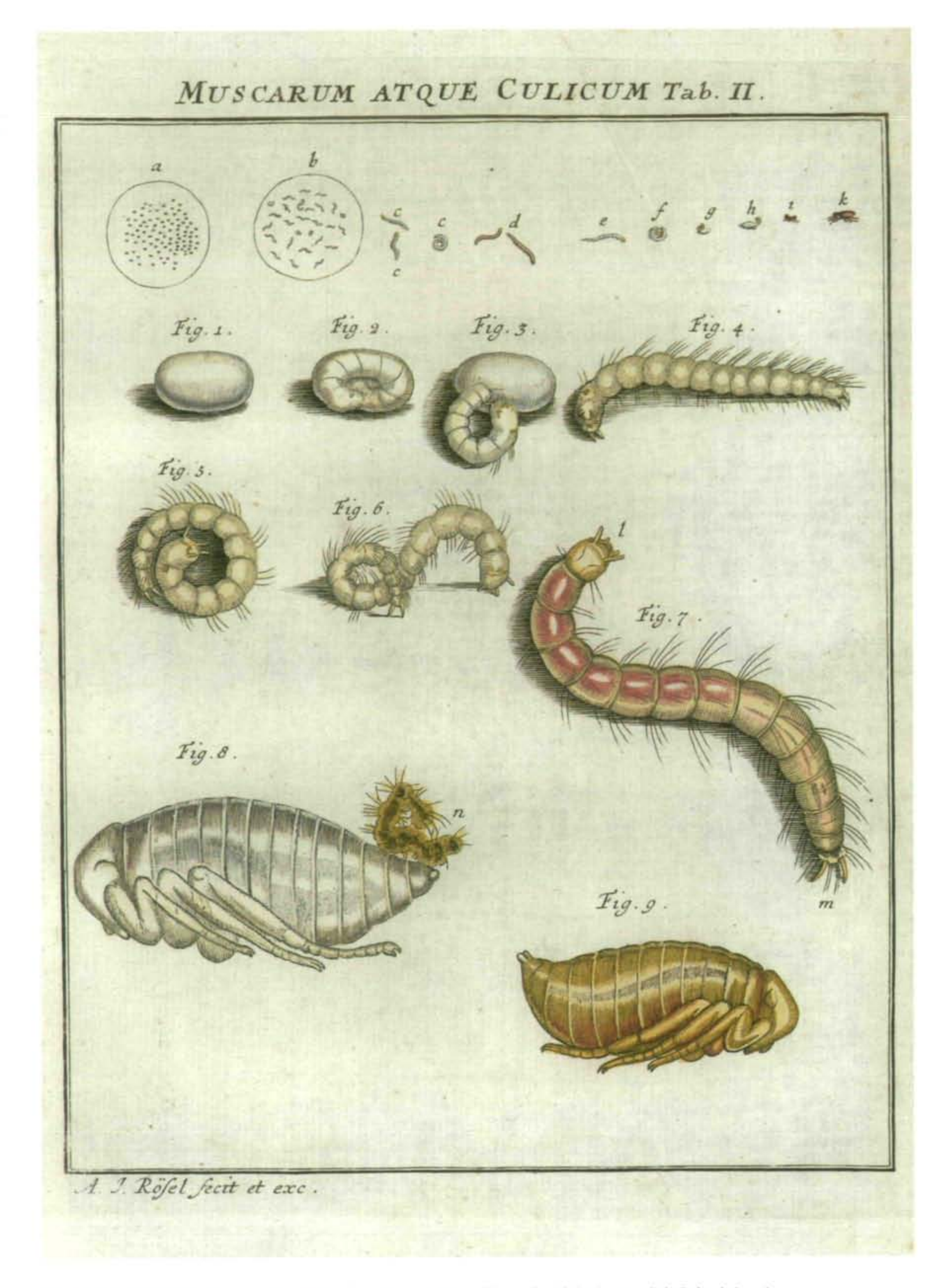


Abb. 11: Rösel (1749), Muscarum atque Culicum Tab. II: Entwicklung des Flohs (vermutlich *Pulex irritans*).

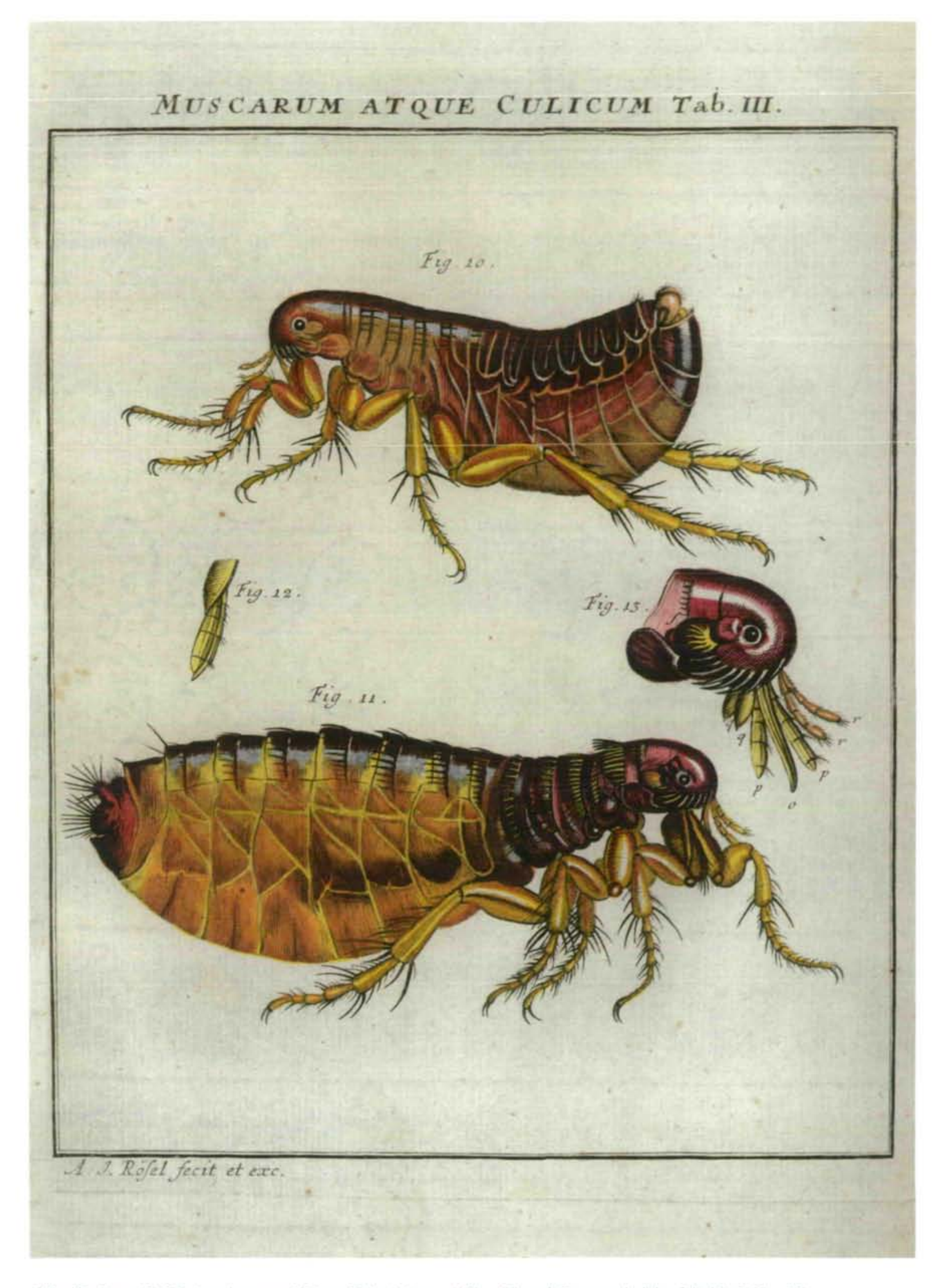
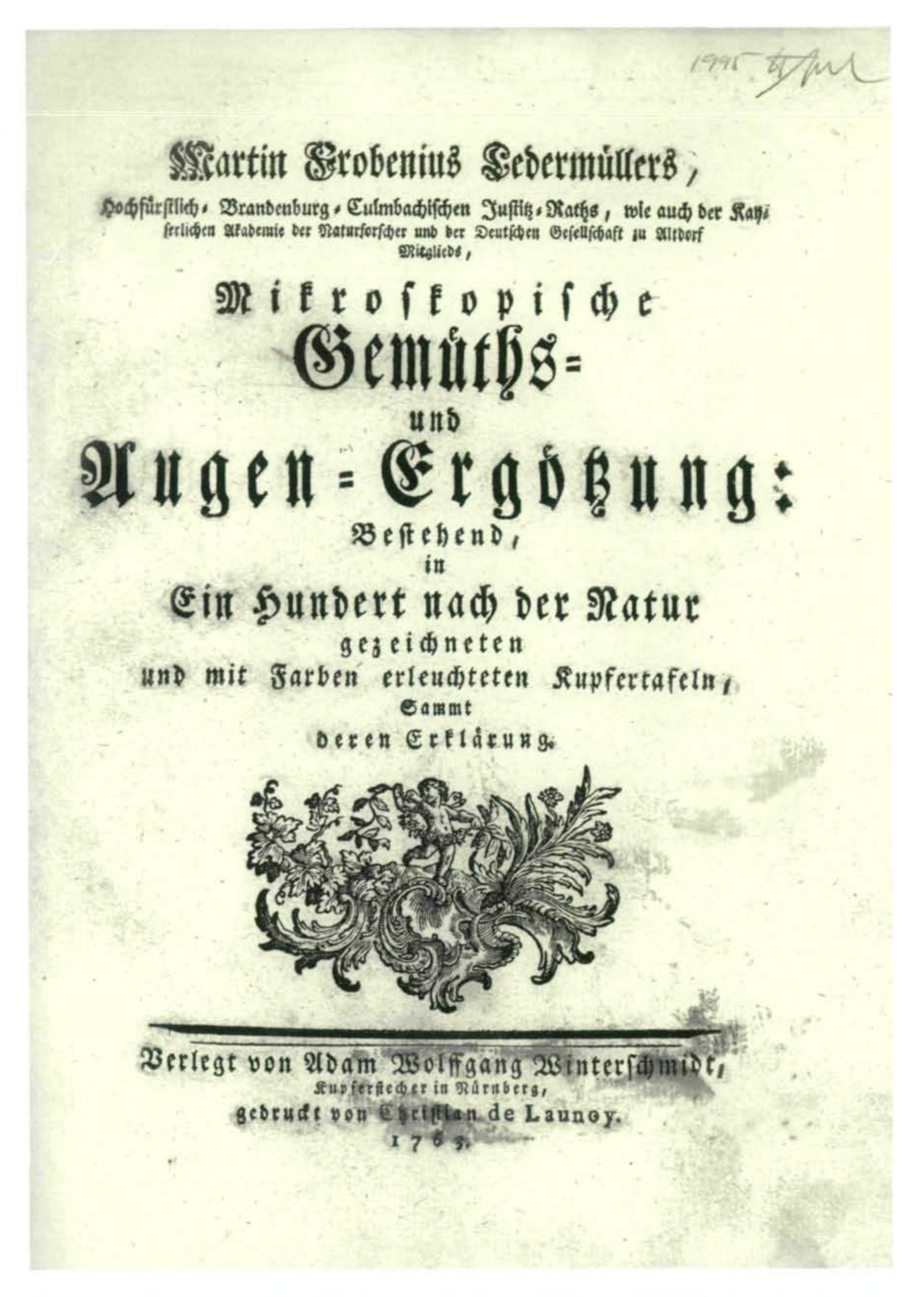


Abb. 12: RÖSEL (1749), Imagines von Flöhen: *Pulex irritans*, ♂ (Fig. 10) und *Ctenocephalides felis* (?), ♀ (Fig. 11).



Martin Frobenius Ledermüllers,
Hochfürstlich-Brandenburg-Culmbachischen Justitz-Raths, wie auch der Kayserlichen Akademie der Naturforscher und der Deutschen Gesellschaft zu Altdorf Mitglieds,

Mikroskopische
Gemüths-
und
Augen-Ergötzung:
Bestehend,
in
Ein Hundert nach der Natur
gezeichneten
und mit Farben erleuchteten Kupfertafeln,
Sammt
deren Erklärung.

Verlegt von Adam Wolffgang Winterschmidt,
Kupferstecher in Nürnberg,
gedruckt von Christian de Launoy.
1763.

Abb. 13: Ledermüller (1763), Titelblatt (Bibliothek H. & U. Aspöck); Martin Frobenius Ledermüller (1719-1769), aus Nürnberg, war in Bayreuth Jusitzrath, wirkte im fürstlichen Naturalienkabinett und befasste sich insbesondere mit der mikroskopischen Untersuchung, Beschreibung und Darstellung kleiner lebender und unbelebter Objekte. Durch seine „Mikroskopische Gemüths- und Augen-Ergötzung" und durch mehrere andere Werke machte er seine Studien einem breiten Publikum bekannt und trug ohne Zweifel insgesamt wesentlich zur Weckung des Interesses an mikroskopischen Untersuchungen bei.

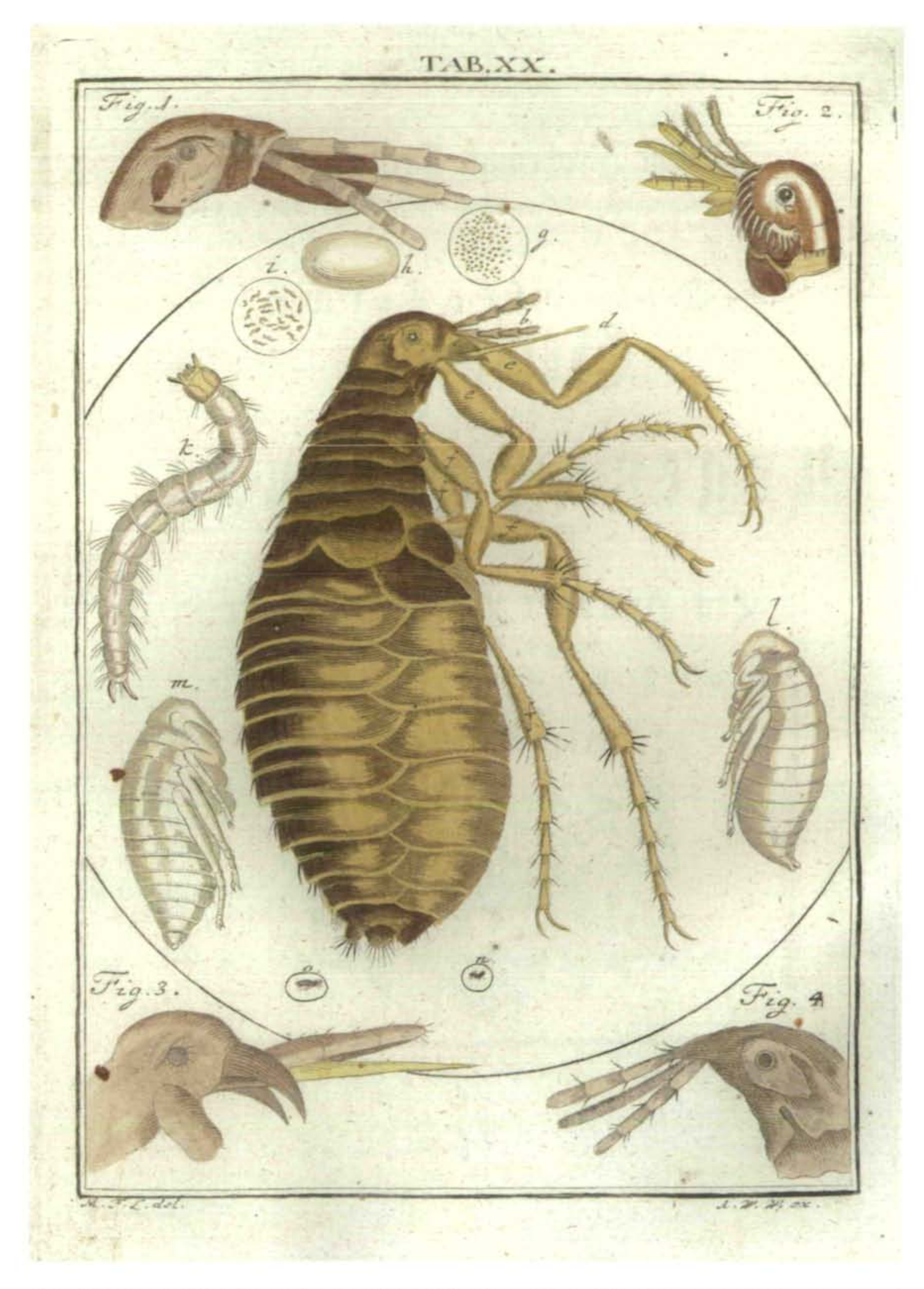


Abb. 14: LEDERMÜLLER (1763), Tafel XX. In der ausführlichen Beschreibung dieser Tafel zitiert LEDERMÜLLER frühere Autoren und setzt sich kritisch mit deren Darstellung von Flohköpfen (die er in den vier Ecken der Tafel abbildet) auseinander. Er betont, „daß auch der Floh aus einem Ey komme" und schreibt weiter „Er kriecht aus demselben wie eine Made, ohne Füsse. Diese Made wird zur Puppe und aus der Puppe hupft endlich der Floh ... Es ist daher billig unter die Mährlein der Rockenphilosophie und alten Weiber zu rechnen, was einige, auch so gar Gelehrte, behaupten wollen, als ob die Flöhe und andere dergleichen Insekten, aus der Fäulung, besonders aus Urin, Sägspänen und Staub entstünden."

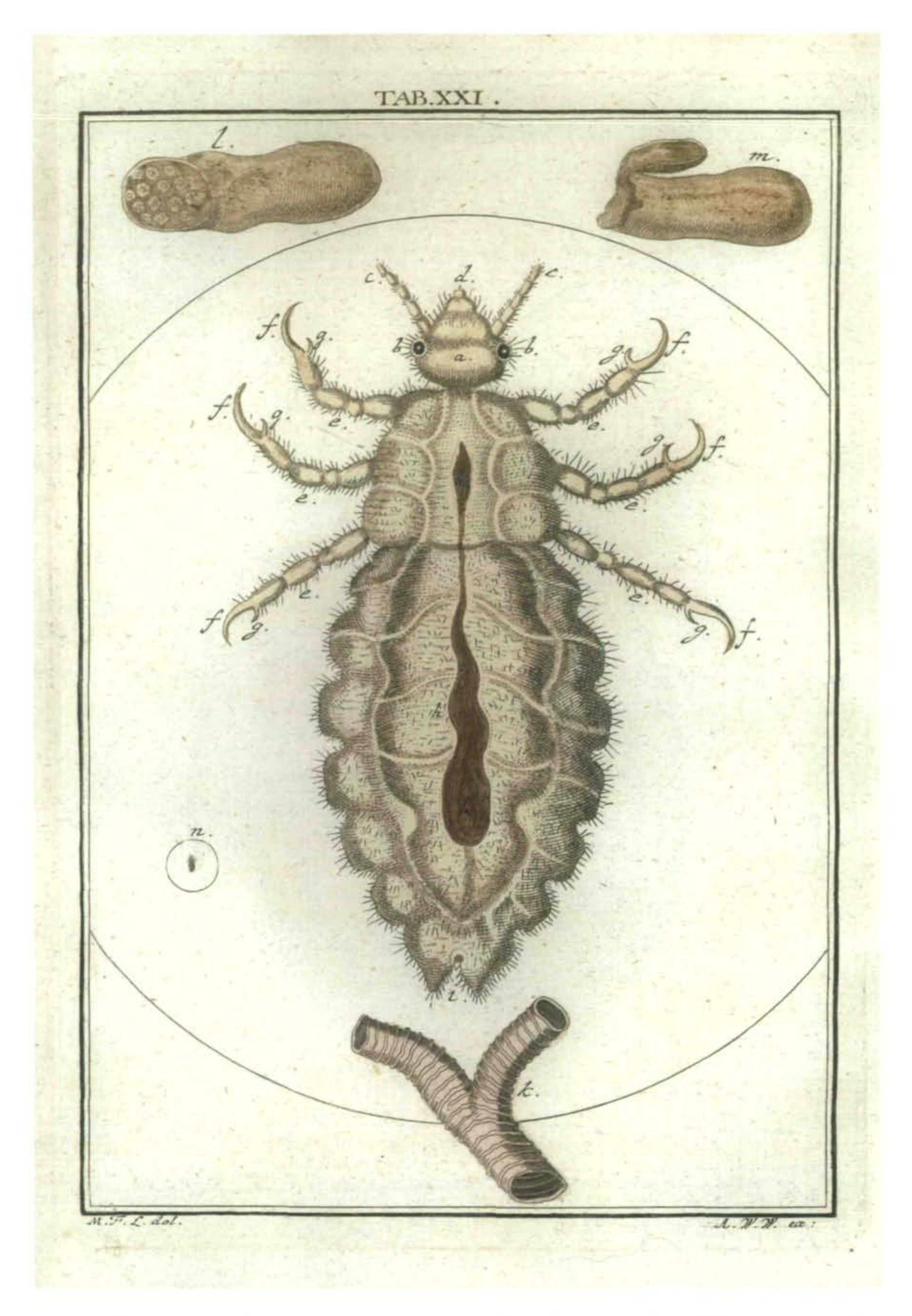


Abb. 15: LEDERMÜLLER (1763), Tafel XXI: „Eine Kopfflauß". LEDERMÜLLER beschreibt, was er im Mikroskop gesehen hat, nimmt ausführlich auf die Untersuchungen früherer Autoren Bezug und gibt an, daß er einige Abbildungen seiner Tafel von SWAMMERDAM abgezeichnet hat.

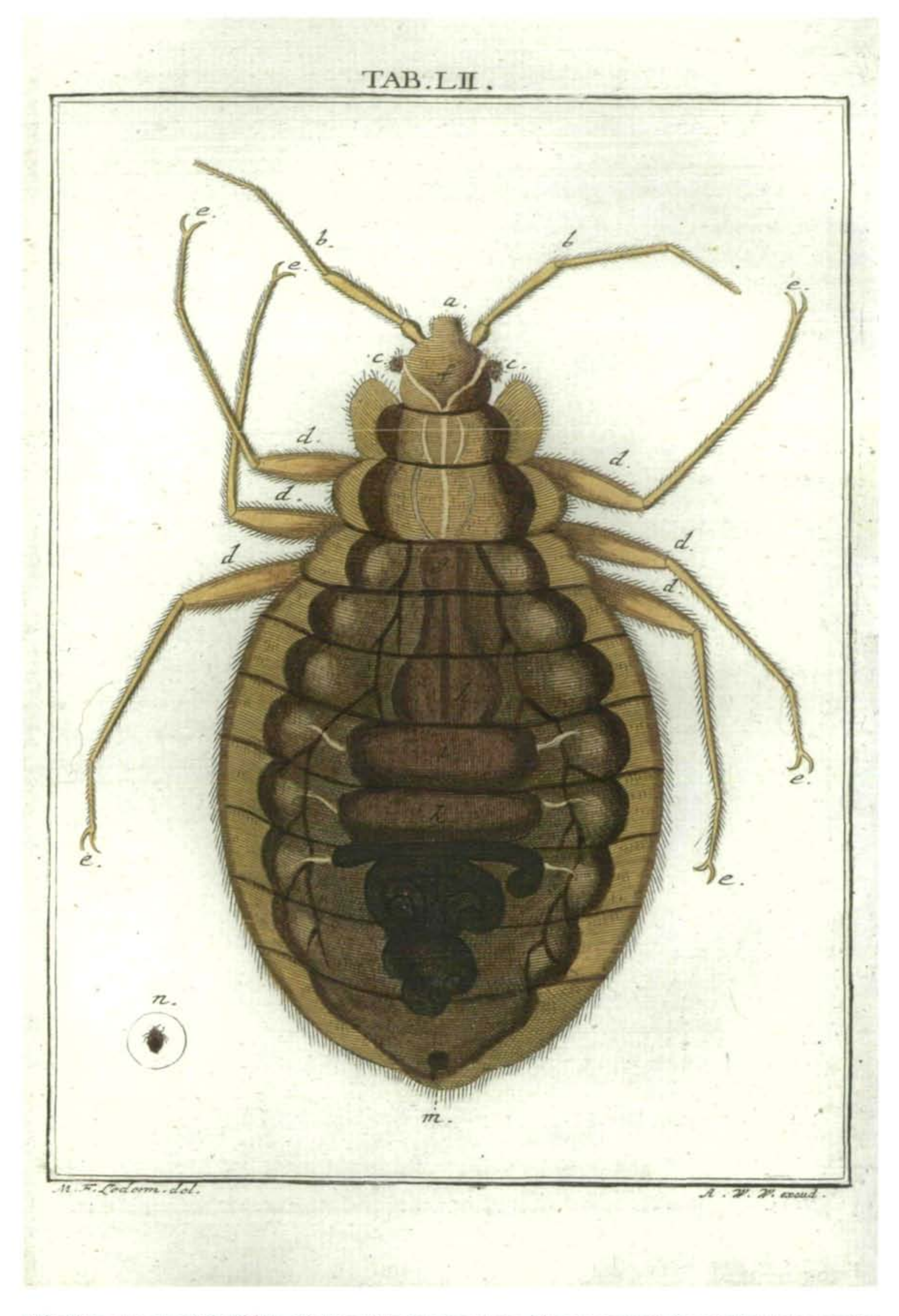


Abb. 16: LEDERMÜLLER (1763), Tafel LII: „Die Wanze". Im Text ist zu lesen „Diese gegenwärtige Abzeichnung stellet dermalen nur das Weibchen vor, das keinen Stachel [damit meinte man damals den Stechrüssel], sondern nur a. ein breites abgestumpftes Maul ... hat". Man versteht kaum, wie sich der sorgfältig untersuchende M. F. LEDERMÜLLER hier irren konnte.

ENTOMOLOGIE
und
HELMINTHOLOGIE
des
MENSCHLICHEN KÖRPERS,
oder
Beschreibung und Abbildung der Bewohner und Feinde desselben unter den Insekten und Würmern

von

D. JOHANN HEINRICH JÖRDENS

Königl. Preuss. Hofrathe, der Kurfürstl. Maynzischen Akademie nützlicher Wissenschaften zu Erfurt und der mineralogischen Societät zu Jena Ehrenmitgliede.



Mundus homo est, et eo vexato saepe dolore,
Concipit inde suas incola delicias.

ZWEYTER BAND.

Mit sieben colorirten Kupfertafeln.

Hof, bei Gottfried Adolph Grau. 1802.

Abb. 17: Jördens (1801), Titelblatt von Band I (Bibliothek H. & U. Aspöck); Johann Heinrich Jördens (oder Joerdens) (1764-1813) geboren in Hof (Saale), Königlich Preußischer Hofrat, setzte sich mit seinem in zwei Bänden erschienen Werk, das reichlich aus fremden Quellen schöpfte und nicht auf eigenen Untersuchungen basierte, der Kritik seiner Zeitgenossen aus. Wenn man die Figuren auf den Tafeln VI und VII (Abb. 18 und 19) mit jenen der älteren Autoren vergleicht (z.B. Swammerdam und Rösel: Abb. 2 und 11), erkennt man sogleich die (von Jördens nicht genannte) Herkunft der Illustrationen. Trotzdem ist der Text eine durch interessante Kommentare ergänzte bemerkenswerte Kompilation (siehe Ockert 1994), und die kolorierten Kupfertafeln sind qualitativ gut und didaktisch geschickt zusammengestellt, auch wenn sie nicht einmal in eine entfernte Nähe der Tafeln eines Rösel von Rosenhof kommen.

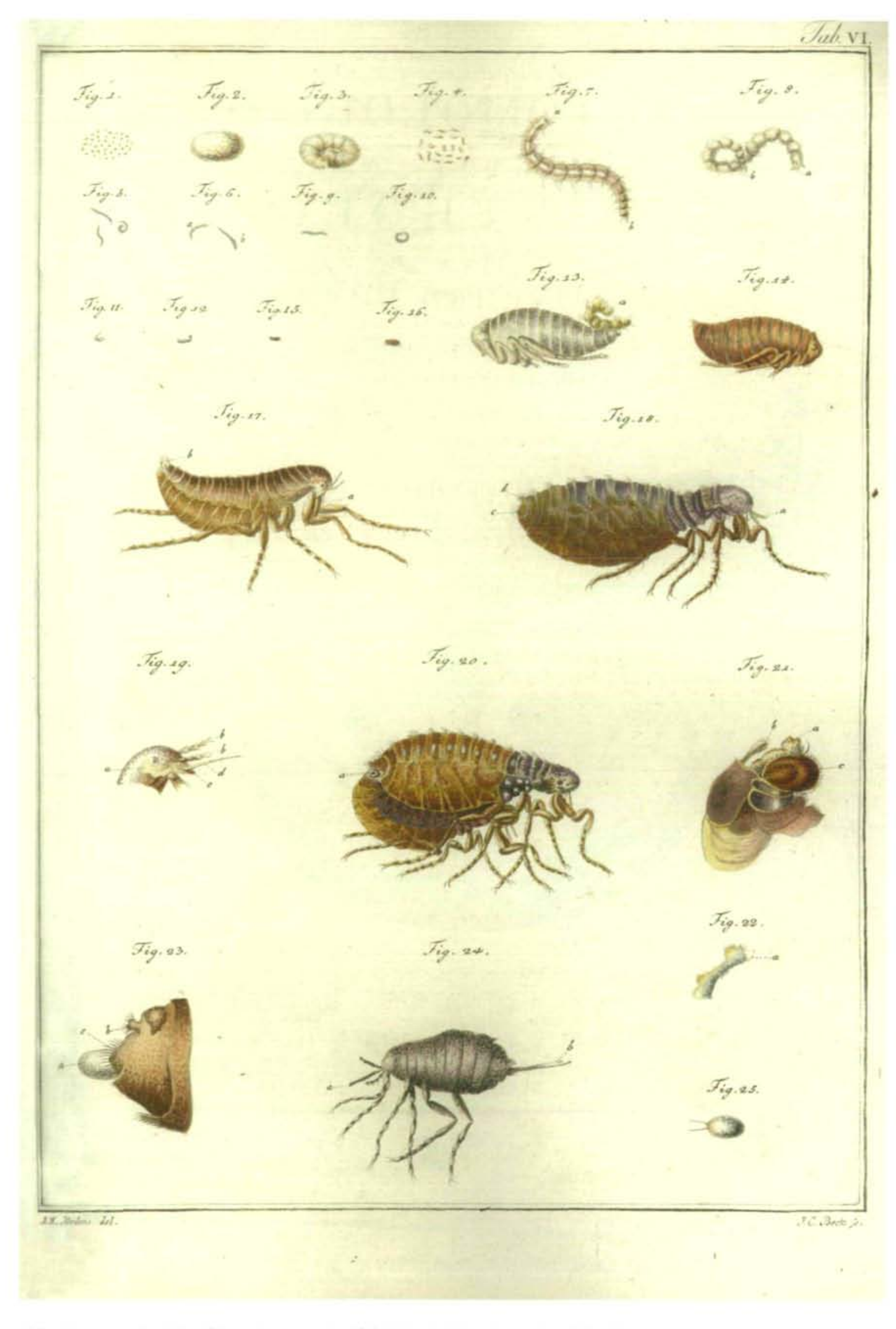


Abb. 18: Jördens (1801), Tafel VI: „Der gemeine Floh" (Fig. 1-23) und „Der Sandfloh" (Fig. 24, 25). Der außerordentlich interessant zu lesende, informative Text zu den Tafel enthält eine wertvolle Liste früherer Publikationen über Flöhe, dort finden sich keine Hinweise über die Herkunft der Abbildungen des Autors.

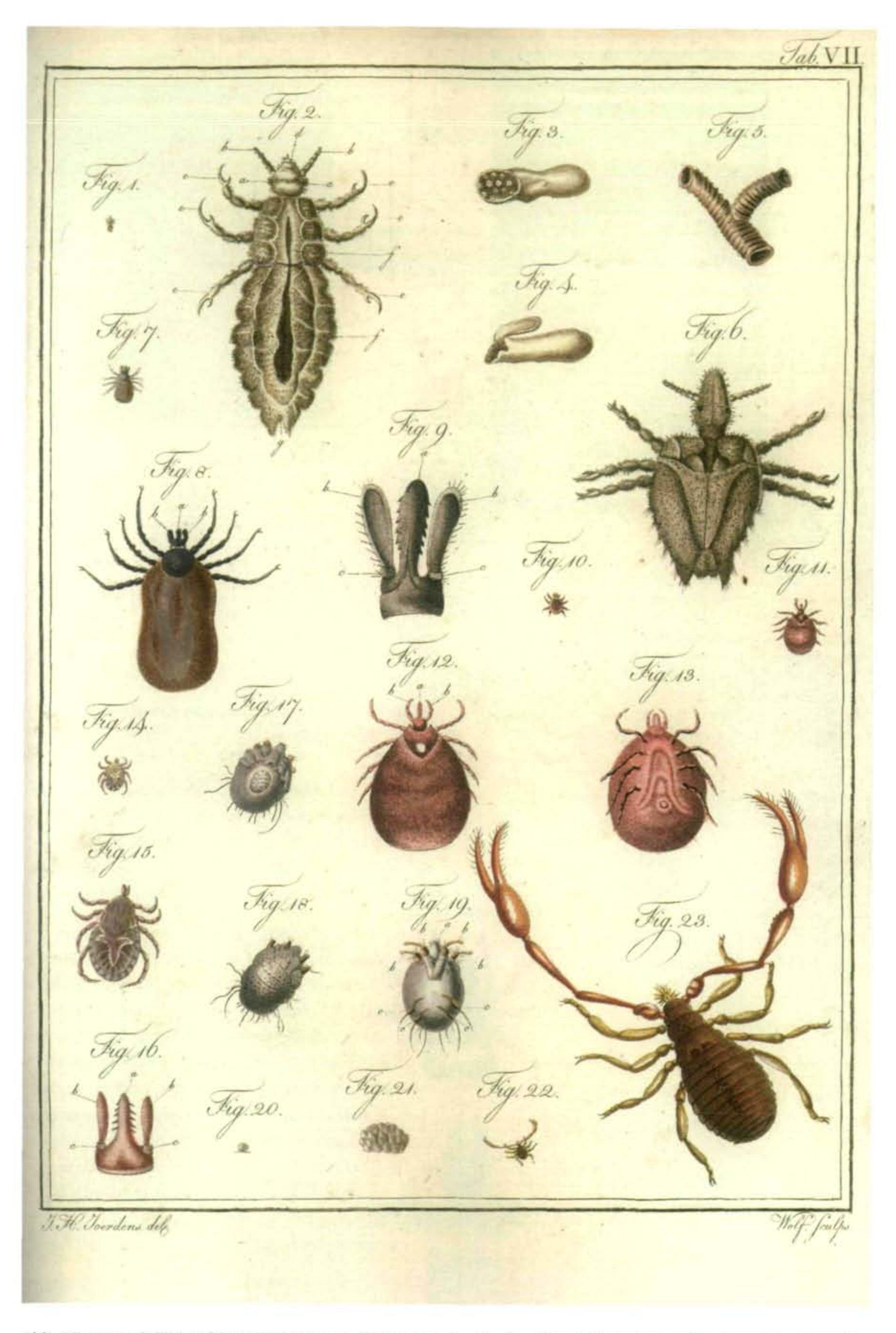


Abb. 19: JÖRDENS (1801), Tafel VII; sie enthält u.a. Abbildungen der Kopflaus (Fig. 1-5), der Filzlaus (Fig. 6) und der Krätzmilbe (Fig. 17-19). Wie immer schreibt JÖRDENS ausführlich, interessant und originell wenngleich er Wahres und Erfundenes vermischt.

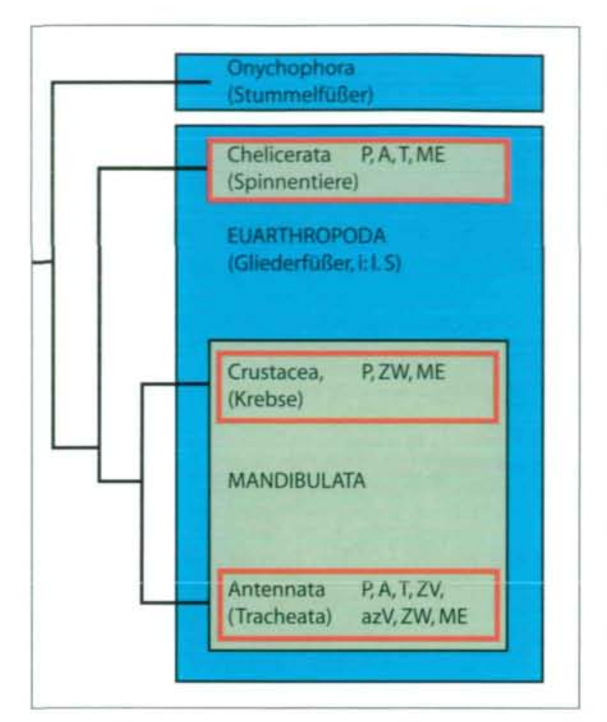


Abb. 20: Mögliche Verwandtschaftsverhältnisse innerhalb der Arthropoden (verändert nach PAULUS & WEYGOLDT 1996). Rote Rahmen: Medizinisch relevante Gruppen. A = Erreger von Allergien; azV = Vektoren humanpathogener Mikroorganismen, azyklische Übertragung; ME = in Mitteleuropa medizisch relevant; P = Erreger parasitärer Erkrankungen; T = Auslöser von Erkrankungen durch toxische Substanzen (nach Biss oder Stich); zV = Vektoren humanpathogener Mikroorganismen, zyklische Übertragung; ZW = Zwischenwirte.

gen, aber es ist – zum Unterschied gegenüber Protozoen und Helminthen – ein gesichertes Monophylum.

Die Abbildungen 20 und 21 zeigen die großen Teilgruppen der Arthropoden. Abbildung 22 gibt einen – phylogenetisch orientierten – Überblick über die Ordnungen der Insekten mit Kennzeichnung jener, die Vertreter mit medizinischer Bedeutung enthalten.

Tab. 1: Medizinische Bedeutung von Arthropoden.

Erreger von Krankheiten
- durch Parasitismus
- durch Allergisierung
- durch Giftwirkung
- durch psychische Belastung

Überträger von Erregern
- passiv (als Zwischenwirte)
- mechanisch (durch Verschleppung)
- zyklisch

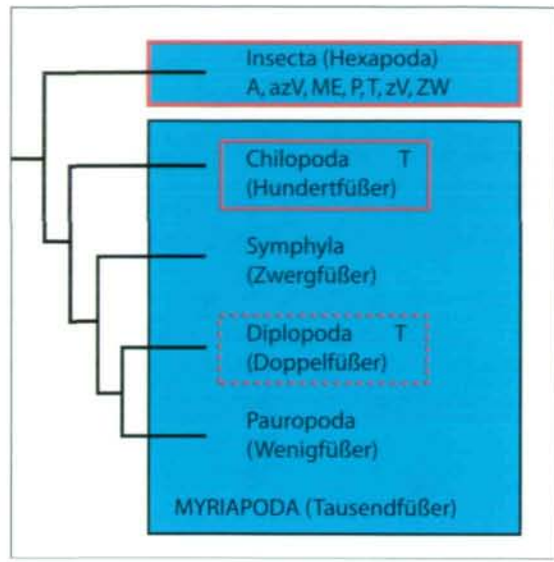


Abb. 21: Mögliche Verwandtschaftsverhältnisse innerhalb der Antennata (verändert nach einem Dendrogramm von DOHLE 1996). Erläuterungen siehe Abb. 20.

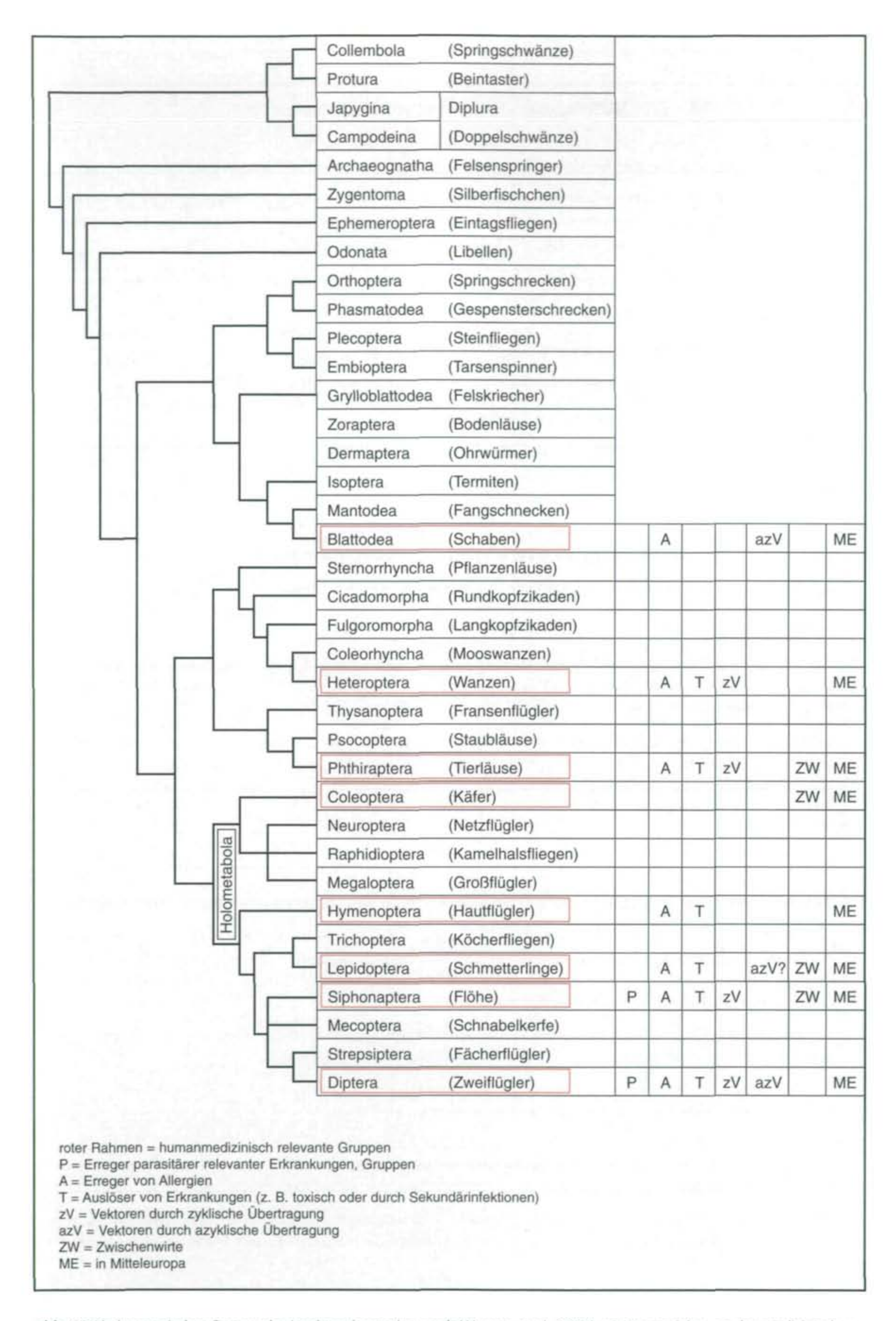
Die Abbildungen 23-48 zeigen beispielhaft in Mitteleuropa vorkommende medizinisch relevante Arthropoden.

3 Formen der Entstehung von Krankheiten durch Arthropoden

Arthropoden können unmittelbar oder mittelbar Krankheiten verursachen. Im ersten Fall fungieren sie oder zumindest von ihnen abgegebene Substanzen als Krankheitsauslöser, im zweiten Fall übertragen sie einen Krankheitserreger. Die Tabellen 1-3 veranschaulichen dies.

Tabelle 2 gibt eine Übersicht über Formen der unmittelbaren Verursachung von Krankheiten durch Arthropoden. Sie lassen sich in vier Gruppen gliedern: parasitäre Krankheiten, Allergien, verschiedene Zustandsbilder nach Giftwirkung und schließlich (manchmal auch schwere) Beeinträchtigung des psychischen Wohlbefindens. Im einzelnen besteht in allen Kategorien eine außerordentliche Vielfalt, man braucht sich nur z.B. die Fülle unterschiedlicher „Giftspritzen" bei Skorpionen, Spinnen und Bienen und dieVerschiedenartigkeit des Chemismus und der Wirkungsweise der Gifte selbst vor Augen zu halten. Die unmittelbar durch Parasitismus von Arthropoden bedingten Krankheiten spielen vergleichsweise eine geringe Rolle.

Krankheiten werden durch Arthropoden vor allem indirekt hervorgerufen, indem diese den Erreger aktiv oder passiv auf recht verschiedenen Wegen übertragen (Tab. 3, 4). Passive Übertragung bedeutet phagäre Übertragung, das



Gruppe		P	A	T	zV	azV	ZW	ME
Collembola	(Springschwänze)							
Protura	(Beintaster)							
Japygina	Diplura							
Campodeina	(Doppelschwänze)							
Archaeognatha	(Felsenspringer)							
Zygentoma	(Silberfischchen)							
Ephemeroptera	(Eintagsfliegen)							
Odonata	(Libellen)							
Orthoptera	(Springschrecken)							
Phasmatodea	(Gespensterschrecken)							
Plecoptera	(Steinfliegen)							
Embioptera	(Tarsenspinner)							
Grylloblattodea	(Felskriecher)							
Zoraptera	(Bodenläuse)							
Dermaptera	(Ohrwürmer)							
Isoptera	(Termiten)							
Mantodea	(Fangschnecken)							
Blattodea	(Schaben)		A			azV		ME
Sternorrhyncha	(Pflanzenläuse)							
Cicadomorpha	(Rundkopfzikaden)							
Fulgoromorpha	(Langkopfzikaden)							
Coleorhyncha	(Mooswanzen)							
Heteroptera	(Wanzen)		A	T	zV			ME
Thysanoptera	(Fransenflügler)							
Psocoptera	(Staubläuse)							
Phthiraptera	(Tierläuse)		A	T	zV		ZW	ME
Coleoptera	(Käfer)						ZW	ME
Neuroptera	(Netzflügler)							
Raphidioptera	(Kamelhalsfliegen)							
Megaloptera	(Großflügler)							
Hymenoptera	(Hautflügler)		A	T				ME
Trichoptera	(Köcherfliegen)							
Lepidoptera	(Schmetterlinge)		A	T		azV?	ZW	ME
Siphonaptera	(Flöhe)	P	A	T	zV		ZW	ME
Mecoptera	(Schnabelkerfe)							
Strepsiptera	(Fächerflügler)							
Diptera	(Zweiflügler)	P	A	T	zV	azV		ME

Abb. 22 Phylogenetisches System der Insekten (verändert nach WHEELER et al. 2001) mit Kennzeichnung der medizinischen Bedeutung.

Tab. 2:

Arthropoden als Erreger von Krankheiten

- durch Parasitismus: *Sarcoptes scabiei* (Krätzmilbe), Fliegenmaden als Erreger von Myiasis (p. 506); Ektoparasiten (z. B. Läuse) als Erreger von Hautveränderungen mit möglichen nachfolgenden bakteriellen Infektionen (p. 397)
- durch Allergisierung nach Inhalation von Exkrementen, Exkreten, Sekreten oder Fragmenten von Arthropoden: *Dermatophagoides pteronyssinus* und *D. farinae* (Hausstaubmilben; der von ihnen abgegebene Kot ist ein hochwirksames Allergen); Schaben (ihre Pheromone sind Allergene) Kleinschmetterlinge (winzige Partikel zerfallender Motten-Leichen) ...
- durch Allergisierung (und eventuell Giftwirkung) durch beim Blutsaugen abgegebenen Speichel: Trombiculidae (p. 461), Ixodidae, Argasidae, Hemiptera, Anoplura, Siphonaptera, Diptera (zahlreiche Familien: Culicidae, Ceratopogonidae, Simuliidae, Psychodidae: Phlebotominae, Tabanidae ...)
- durch Allergisierung und Giftwirkung durch Wehrstich: Hymenoptera (Bienen, Wespen, Hornissen)
- durch akute Giftwirkung nach Biss oder (Wehr-) Stich: Skorpione, (Gift-) Spinnen, Hymenopteren (z. B. bestimmte Bienen)
- durch psychische Irritation durch Ektoparasiten: Schaben, Ameisen ...

Tab. 3:

Arthropoden als Überträger pathogener Mikroorganismen

- durch passive Übertragung bei oraler Aufnahme von Arthropoden, die als Zwischenwirte fungieren (phagärer Infektionsweg); Beispiele: *Hymenolepis diminuta* in Flöhen, Käfern u. a. Arthropoden; *Dicrocoelium dendriticum* in Ameisen (p. 13) ...
- durch azyklische = mechanische Übertragung (= Verschleppung) oder nach Darmpassage ohne Vermehrung des Erregers; Beispiele: Zahlreiche – vorwiegend durch Faeces ausgeschiedene – Viren, Bakterien, Protozoen (-Zysten), Wurmeier durch Fliegen, Schaben u. a.
- durch zyklische Übertragung beim Blutsaugen; Beispiele: Überträger der Erreger zahlreicher Erkrankungen durch Viren, Bakterien und Protozoen

Tab. 4:

Mechanismen der zyklischen Übertragung pathogener Mikroorganismen durch Arthropoden

- Beim Blutsaugen mit dem Speichel nach Vermehrung in den Speicheldrüsen: Viren (Flaviviren: Erreger von Dengue, Gelbfieber, Japanischer Enzephalitis, West Nile-Fieber, Frühsommer-Meningoenzephalitis; Bunyaviren: *Tahyna*-Virus, Erreger des Krim-Kongo Hämorrhagischen Fiebers, des Pappataci-Fiebers; Togaviren, *Sindbis*-Virus u.a.; in Zecken, Stechmücken, Phlebotominen); Bakterien (*Borrelia burgdorferi* in Zecken)
- Beim Blutsaugen nach Vermehrung in anderen Organen (Darm, Hämatozöl) und Eindringen in die Speicheldrüsen: *Plasmodium* spp. in *Anopheles*, *Trypanosoma b. gambiense* und *T. b. rhodesiense* in *Glossina* spp.
- Vor und/oder beim Blutsaugen durch „Erbrechen" der im Darmtrakt vermehrten Erreger: Bakterien (*Yersinia pestis* in Flöhen); Protozoen/Englenozoa (*Leishmania* spp. in Phlebotominen).
- Beim Blutsaugen durch Ausbrechen der (als L1 mit dem Blut aufgenommenen und zu L3 weiterentwickelten) Larven aus dem Körper des Überträgers im Bereich der Mundwerkzeuge (Labium) und Eindringen in den Stichkanal: Nematoden (Filarien in Culiciden, Simuliiden, Tabaniden u. a.).
- Durch Austreten der Erreger mit Faeces nach Vermehrung im Magen-Darmtrakt des Vektors und Eindringen in Stichkanal unmittelbar nach dem Blutsaugen (*Trypanosoma cruzi* in Reduviiden) oder in Hautverletzungen (*Rickettsia prowazekii* in *Pediculus*).
- Durch Austreten der Erreger nach Verletzungen der Überträger und Eindringen in (intakte oder verletzte) Haut; *Borrelia recurrentis* in *Pediculus*, *Rickettsia prowazekii* in *Pediculus*.

Tab. 5:

Arthropoden als Überträger von Krankheiten des Menschen (Beispiele)		
Überträger	**Erreger**	**Krankheit**
Milben (Trombiculidae)	*Rickettsia tsutsugamushi* *Rickettsia acari*	Tsutsugamushi-Fieber Rickettsien-Pocken
Zecken (Ixodidae, Argasidae)	zahlreiche Arboviren	Frühsommer-Meningoenzephalitis, Kyasanur Forest Disease, Colorado-Zeckenfieber, Krim-Kongo Hämorrhagisches Fieber
	Borrelia burgdorferi s.l.	Lyme-Borreliosen
	Borrelia duttoni u. a. spp.	Endemisches Rückfallfieber
	Rickettsia spp.	Rocky Mountain spotted f., Fièvre bouttoneuse u. a. Rickettsiosen
Läuse (bes. *Pediculus humanus*)	*Rickettsia prowazekii*	Fleckfieber
	Bartonella quintana	Fünftagefieber
	Borrelia recurrentis	Epidemisches Läuse-Rückfallfieber
Raubwanzen (Reduviidae)	*Trypanosoma cruzi*	Morbus Chagas
Flöhe (Siphonaptera)	*Yersinia pestis* *Rickettsia typhi*	Pest Murines Fleckfieber
Stechmücken (Culicidae)	viele Arboviren	Gelbfieber, Dengue, West Nile-Fieber, Chikungunya, amerikanische Pferdeenzephalitiden, Japanische Enzephalitis, fieberhafte Erkrankungen verschiedener Art; Exantheme; Arthralgien, nicht selten auch Erkrankungen des ZNS
	Plasmodium spp.	Malaria
	Brugia spp. *Wuchereria bancrofti*	Lymphatische Filariosen
Sandmücken (Phlebotominae)	Arboviren	Pappataci-Fieber
	Bartonella bacilliformis	Oroya-Fieber/Verruga peruana
	Leishmania spp.	Viszerale Leishmaniose, Haut-Leishmaniosen (Kala-Azar, Orientbeule), Schleimhaut-Leishmaniosen
Gnitzen (Ceratopogonidae)	div. Arboviren, div. Filarien	± apathogen
Kriebelmücken (Simuliidae)	*Onchocerca volvulus*	Onchozerkose
Tsetsefliege (Glossinidae)	*Trypanosoma* *brucei gambiense* *brucei rhodesiense*	Afrikanische Schlafkrankheit
Bremsen (Tabanidae)	*Loa loa*	Loaose

Tab. 6:

Wichtige durch Arthropoden übertragene Erreger von Krankheiten des Menschen (Beispiele)		
Erreger	**Krankheit**	**Überträger**
Viren („Arboviren"):		
TBE-Virus (*Flavivirus*)	RSSE, FSME („Zeckenenzephalitis")	Ixodidae (Schildzecken)
Dengue-Viren	Dengue	Culicidae (Stechmücken)
Gelbfieber-Virus (*Flavivirus*)	Gelbfieber	Culicidae
Virus der Japanischen Enzephalitis (*Flavivirus*)	Japanische Enzephalitis	Culicidae
Sandfly Fever-Virus (*Phlebovirus*)	Pappataci-Fieber	Phlebotominae (Sandmücken)
Krim-Kongo-Hämorrhagisches Fieber (CCHF)-Virus (*Nairovirus*)	Krim-Kongo Hämorrh. Fieber	Ixodidae
Zahlreiche weitere Arboviren, vor allem aus den Familien Bunyaviridae, Flaviviridae, Togaviridae	Fieberhafte Erkrankungen, z. T. mit Exanthemen und/oder Arthralgien, manchmal mit Pneumonie oder Meningoenzephalitis	Ixodidae, Culicidae, Phlebotominae
Bakterien:		
Borrelia recurrentis	Epidemisches Rückfallfieber	Pediculus (Kleiderlaus)
Borrelia duttoni u.a. spp.	Endemisches Rückfallfieber	Argasidae (Lederzecken)
Borrelia burgdorferi s. l.	Lyme-Borreliose	Ixodidae
Rickettsia prowazekii	Klassisches Fleckfieber	Pediculus
Rickettsia typhi	Murines Fleckfieber	Siphonaptera (Flöhe)
Yersinia pestis	Pest	Siphonaptera
Protozoen:		
Trypanosoma brucei gambiense brucei rhodesiense	Afrikanische Schlafkrankheit	Glossinidae (Tsetse-Fliegen)
Trypanosoma cruzi	Morbus Chagas	Reduviidae (Raubwanzen)
Leishmania spp.	Viszerale, kutane und mukokutane Leishmaniosen	Phlebotominae
Plasmodium spp.	Malaria	Culicidae: Anopheles (Fiebermücken)
Nematoden:		
Wuchereria bancrofti	Lymphatische Filariosen (Elephantiasis)	Culicidae
Brugia spp.	Lymphatische Filariosen	Culicidae
Loa loa	Loaose	Tabanidae (Bremsen)
Onchocerca volvulus	Onchozerkose	Simuliidae (Kriebelmücken)

heißt, dass der Arthropode, der als Zwischenwirt für einen bestimmten Parasiten fungiert, gegessen wird. Dies kann akzidentell, durch einen im biologischen Zyklus nicht vorgesehenen Zufall geschehen („Floh hüpft in Suppe") oder absichtlich, wenn der Arthropode als Nahrung dient. Ein Beispiel dafür sind Süßwasserkrabben, die (in vielen Teilen der Erde, besonders in den Tropen und Subtropen, nicht jedoch in Mitteleuropa) als Zwischenwirte von *Paragonimus* spp. (Lungenegel) fungieren und in manchen Gebieten (roh oder ungenügend erhitzt) gegessen werden (phagäre Übertragung). Auch mit Käfern, die als Nahrung Verwendung finden oder unabsichtlich durch Zufall gegessen werden, kann man Parasiten aufnehmen (Acanthocephala: siehe Beitrag TARASCHEWSKI 2002 in diesem Band; *Hymenolepis diminuta*, *Vampirolepis nana*: ASPÖCK et al. 2002a, b Beiträge in diesem Band).

Die überragende medizinische Bedeutung der Arthropoden liegt in ihrer Fähigkeit, Erreger zu übertragen. Das kann zum einen rein mechanisch, azyklisch, also ohne eine Vermehrung und ohne irgendeine Weiterentwicklung des Erregers geschehen oder zyklisch. Als mechanische Überträger von zahlreichen mit den Faeces ausgeschiedenen pathogenen Mikroorganismen – Viren, Bakterien, Protozoen, Wurmeiern – fungieren zahlreiche koprophile Insekten, vor allem Fliegen, aber auch Schaben und selbst Käfer. Diese Erreger können an Mundwerkzeugen und Extremitäten ihrer Vektoren haften und auf diese einfache Weise verschleppt werden, viele von ihnen können zudem den Darmtrakt der Insekten unbeschädigt passieren und mit den Exkrementen ihrer Vektoren auf Lebensmittel gelangen. Manche Bakterien – z.B. Salmonellen, Cholera-Vibrionen – können sich sogar im Darm mancher ihrer Überträger vermehren, so dass die azyklische in eine zyklische Übertragung übergeht. Besonders in der Epidemiologie vieler Durchfallerkrankungen in den Tropen spielt dieser Übertragungsmodus eine entscheidende Rolle.

Bei der zyklischen Übertragung ist der Vektor nicht einfach ein durch zufällige Ereignisse zum Verschlepper gewordener Transportwirt, vielmehr sind solche Vektoren durch ein hohes Maß an Gesetzmäßigkeit in den biologischen Zyklus des übertragenen Erregers involviert. Zysten von *Entamoeba histolytica* können durch Wasser oder durch Erde, durch Nahrungsmittel, allenfalls sogar durch den Wind und eben auch durch Fliegen oder Schaben verschleppt, verbreitet, übertragen werden. Das Frühsommer-Meningoenzephalitis-Virus kann in der Natur nur durch eine Zecke (und bei weitem nicht jede) von einem Wirbeltier auf das andere übertragen werden, und diese Übertragung ist notwendigerweise mit der Vermehrung des Virus in der Zecke verbunden. Mutatis mutandis gilt dies für die Übertragung der Erreger der Malaria oder des Fleckfiebers oder der Lyme-Borreliose ebenso und letztlich auch für die Filarien, die sich zwar in ihren Vektoren nicht vermehren, aber als Larven eine notwendige Weiterentwicklung vom ersten (mit einer Blutmahlzeit aufgenommen) zum dritten Larvenstadium durchlaufen und erst dann und nur durch bestimmte Vektoren (die allenfalls mehrere Spezies mehrerer Genera einer Familie umfassen mögen) übertragen werden kann. Bei den Filarien erfüllen die Vektoren alle Kriterien eines Zwischenwirts, die *Anopheles*-Mücken sind hingegen für die Plasmodien Endwirte, weil erst in ihnen die aus dem Blut aufgenommenen Gametozyten zu Gameten reifen, die sich zur Zygote vereinigen. Alle zyklisch übertragenen Infektionen sind letztlich eine Folge des Parasitismus der Vektoren.

Natürlich sind die Grenzen zwischen Erreger und Überträgerfunktion nicht messerscharf, denn jeder Arthropode, der einen Erreger zyklisch überträgt, muss Blut saugen; das bedeutet zunächst eine kleine Verletzung der Haut, in der weiteren Folge Einspritzen des allergen und/oder toxisch wirksamen Speichels, was eine mehr oder weniger deutliche und unangenehme allergische Reaktion nach sich zieht. Diese bleibt in der Regel auf den Bereich der Einstichstelle begrenzt, aber der damit verbundene Juckreiz löst Kratzreaktionen aus, in deren Gefolge es auch zu ernst zu nehmenden bakteriellen Sekundärinfektionen kommen kann.

Tabelle 5 und 6 demonstrieren beispielhaft die Vielfalt der durch Arthropoden zyklisch übertragener Erreger und der durch sie hervorgerufenen Krankheiten einerseits und jene der Überträger andererseits. Tabelle 4 veranschaulicht die vielfältigen Mechanismen zyklischer Übertragung.

4 Globaler humanmedizinischer Stellenwert der Arthropoden

Weltweit gesehen spielen Arthropoden als Verursacher von Krankheiten eine geradezu unvorstellbar große Rolle, wobei den Vektoren bei weitem die größte Bedeutung zukommt.

Alljährlich sterben viele tausend Menschen durch Giftstiche von Hymenopteren (HABERMEHL 1976 schätzte die Zahl der Todesfälle durch Bienenstiche weltweit auf etwa 120.000), Millionen von Menschen sind durch Allergien durch Hausstaubmilben betroffen und nach Schätzungen der WHO sind über 20 Millionen Menschen mit *Paragonimus* spp. befallen (CROMPTON 1999) und vermutlich sind Millionen von Infektionen mit Fäkalkeimen auf Verschleppung durch Fliegen zurückzuführen. Dennoch



Abb. 23: *Ixodes ricinus* (Holzbock), ♀, auf der Haut, eine geeignete Einstichstelle suchend (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).



Abb. 24: *Ixodes ricinus* (Holzbock), ♀ beim Einführen der Mundwerkzeuge in die Haut (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).



Abb. 25: *Ixodes ricinus* (Holzbock), ♀, vollgesogen (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).



Abb. 26: *Dermacentor sp., ♂, auf der Haut.* (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).

erscheint dieses Gewicht gering im Vergleich zu jenem, das auf das Konto der parasitischen Arthropoden geht.

Parasitäre Erkrankungen durch Arthropoden nehmen dabei vergleichsweise einen sehr bescheidenen Stellenwert ein: Gewiss, Krätzmilben beeinträchtigen die Lebensqualität vieler Menschen und können bei Immunsupprimierten, insbesondere AIDS-Patienten, schwere und schwerste Krankheitsbilder hervorrufen. Aber der medizinische Stellenwert der durch Arthropoden zyklisch übertragenen Erreger von Infektionen hat geradezu die Geschichte der Menschheit geprägt und wird sie auch weiterhin prägen.

Den 1. Platz dieser traurigen Liste nimmt selbstverständlich die Malaria ein. Die Schätzungen schwanken erheblich, die niedrigsten Werte liegen bei 1,09 Millionen letaler Fälle jährlich, aber möglicherweise sterben bis zu 3 Millionen Menschen (vorwiegend Kinder und zum größten Teil in Afrika) an der durch *Plasmodium falciparum* erregten Malaria tropica (Überträger: *Anopheles* spp.). Mit den durch Phlebotominae übertragenen Leishmanien sind etwa 12 Millionen infiziert, bis zu 80.000 Menschen sterben jährlich an Leishmaniosen. In Süd- und Mittelamerika sind 16 bis 18 Millionen Menschen mit dem durch Reduviidae (Raubwanzen) übertragenen *Trypanosoma cruzi*, dem Erreger des Morbus Chagas infiziert, bis zu 45.000 Menschen sterben an der Krankheit, für viele bedeutet sie aber jahrelanges Leiden. Selbst an der

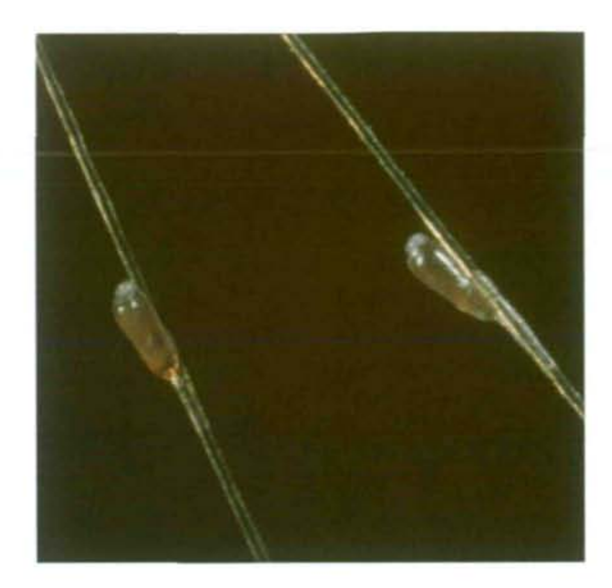


Abb. 27: *Pediculus capitis* (Kopflaus), Eier (Nisse) (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).



Abb. 28: *Pediculus capitis* (Kopflaus), nach der Blutmahlzeit (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).



Abb. 29: *Cimex lectularius* (Bettwanze) (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).



Abb. 30: *Cimex lectularius* (Bettwanze), saugend (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).

Schlafkrankheit sterben in Afrika jährlich bis zu 100.000 Menschen; die Erreger – *Trypanosoma brucei gambiense* und *T. b. rhodesiense* – werden durch Glossinidae (Tsetse-Fliegen) übertragen. Vermutlich werden in jedem Jahr mehrere Millionen Menschen nach Stich durch Stechmücken, Zecken oder Sandmücken mit Arboviren infiziert, die Zahl der Todesfälle liegt vermutlich zwischen 200.000 und 300.000; allein die drei durch Stechmücken übertragene Viren – YF (Gelbfieber), Dengue und JE (Japanische Enzephalitis) – töten nach Angaben der WHO gegen 200.000 Menschen jährlich.

Hingegen werden – entgegen ursprünglichen und auch heute noch manchmal ausgesprochenen Befürchtungen – die Erreger von AIDS weder durch Stechmücken noch durch irgendwelche andere blutsaugende Arthropo-



Abb. 31: *Oeciacus hirudinis* (Schwalbenwanze) (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).



Abb. 32: *Culex pipiens* (Hausmücke), Eier auf Wasseroberfläche (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).

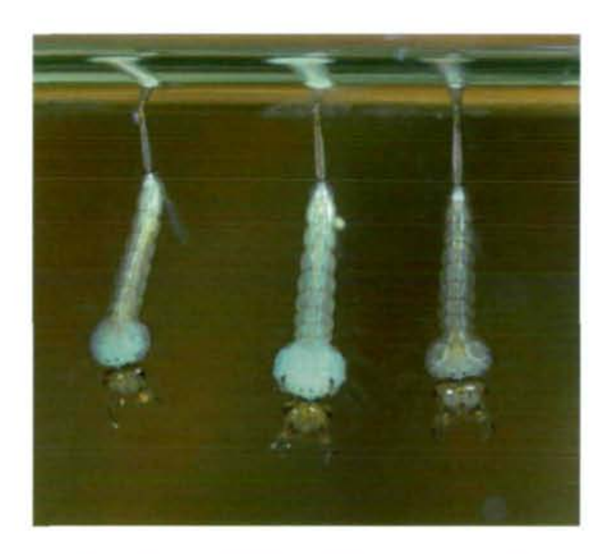


Abb. 33: Larven von *Culex pipiens* (Hausmücke), mit dem Atemrohr an der Wasseroberfläche „hängend" (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).



Abb. 34: Puppen von *Culex pipiens* (Hausmücke), an der Wasseroberfläche (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).

den übertragen. HIV-1 und HIV-2 können sich in Arthropoden nicht vermehren, weshalb eine zyklische Übertragung ausgeschlossen ist. Eine mechanische Übertragung scheitert vor allem an der hohen Empfindlichkeit dieser Viren: Austrocknung inaktiviert sie. Die immer wieder aufgeworfene Möglichkeit einer regurgitiven Übertragung hat sich glücklicherweise ebenso als realiter nicht existent erwiesen. Es gibt keinen einzigen Fall, bei dem eine Übertragung von HIV durch einen Arthropoden nachgewiesen worden ist.

5 Durch Arthropoden verursachte Krankheiten in Mitteleuropa

Von den in Tabelle 1 genannten Formen der Entstehung von Krankheiten durch Arthropoden treten alle sechs auch in Mitteleuropa in Erscheinung, allerdings im Vergleich zu den Tropen und Subtropen in insgesamt weitaus geringerem Maß.

5.1 Parasitäre Erkrankungen

Unter den Erregern von Krankheiten durch Parasitismus steht an erster Stelle *Sarcoptes scabiei*, die Krätzmilbe. Der Erreger ist besonders für Patienten mit beeinträchtigtem Immunsystem von Bedeutung; diese Schwächung des Immunsystems kann durch Infektionen (vor allem HIV), medikamentös (z.B. Kortikosteroide, Behandlung bei Transplantationen) oder einfach altersbedingt sein. Die Krätze ist – in ihrer schweren Form – in Mitteleuropa vorwiegend eine Erkrankung von AIDS-Patienten, jedoch tritt sie immer wieder, wenngleich in weniger exazerbierenden Formen, regelmäßig in Altersheimen auf (siehe Beitrag ASPÖCK et al. 2002b in diesem Band).

Eine andere Gruppe parasitärer Erkrankungen durch Arthropoden stellen die Myiasen (Singular: Myiasis) dar. Die deutsche Bezeichnung „Madenfraß" sagt treffend, was dabei passiert: Fliegenmaden leben in Wunden, in Auge oder in Körperhohlräumen (Nase, Mundhöhle, äußerer Gehörgang, Urethra, Vagina, Rektum), wo sie sich häufig nur von Zelldebris oder Darminhalt ernähren, manchmal jedoch auch in gesundes Gewebe eindringen können (siehe Beitrag GRASSBERGER in diesem Band).

5.2 Allergien durch Inhalation

Unter den Erkrankungen auf der Basis von allergischen Reaktionen durch Arthropoden steht in Mitteleuro-



Abb. 35: *Culex pipiens*, ♂, aus der Puppe schlüpfend (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).



Abb. 36: *Culex pipiens*, ♂, soeben aus der Puppe geschlüpft (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).



Abb. 37: *Aedes* sp., ♀, vollgesogen (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).



Abb. 38: Larve von *Anopheles* sp. (Fiebermücke) (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).

pa die Hausstaubmilben-Allergie an vorderster Stelle. Erreger sind zwei Spezies des Genus *Dermatophagoides* der Milben-Familie Pyroglyphidae (Superfamilie Psoroptoidea der Ordo Acaridida der Superordo Acariformes), *D. pteronyssimus* (TROUSSEART, 1897) und *D. farinae* HUGHES, 1961. Diese Hausstaubmilben – sie werden auch als Bettmilben oder Matratzenmilben bezeichnet – sind weltweit verbreitet und kommen in vielen Wohnungen vor, wo sie im „Hausstaub" – in Betten, Matratzen, Teppichen u. dgl. – in zum Teil enormen Populationsdichten leben. Auf Grund ihrer Kleinheit (160 bis 500 µm) werden sie nicht registriert. Sie ernähren sich von organischen Materialien, z.B. Hautschuppen, vor allem aber auch Pilzen, die auf Hautschuppen wachsen. Feuchte Wohnungen mit viel Textilien (oder zumindest Wohnungen mit hoher Luftfeuchtigkeit in manchen Räumen) stellen ideale Biotope für Hausstaubmilben dar. Verantwortlich für die Allergie ist vor allem der zum Teil mikrobiell abgebaute Kot, der zu kleinsten Staubpartikeln zerfällt und eingeatmet wird. Ausgesprochen trockene Wohnungen (Luftfeuchtigkeit < 50 %) sind meist frei von Hausstaubmilben. Man schätzt, dass in Mitteleuropa etwa 4 % der Bevölkerung jederzeit von klinisch manifester Hausstauballergie bedroht sein können. Die klinische Symptomatik reicht von leichten allergischen Erscheinungen allgemeiner Art über chronisch rezidivierende Urticaria bis hin zu lebensgefährlichen Zustandsbildern. Der „plötzliche Kindstod" ist immer wieder auch mit der Möglichkeit einer tödlichen allergischen Sofortreaktion nach Exposition gegenüber Hausstaubmilben in Zusammenhang gebracht worden.

Allergien können auch durch eine Reihe anderer nicht parasitischer Arthropoden in Mitteleuropa hervorgerufen werden. Alle Arthropoden geben irgendwelche Substanzen ab, insbesondere auch Pheromone, von denen wahr-



Abb. 39: 2 saugende ♀♀ von *Anopheles* sp. (Fiebermücke) (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).



Abb. 40: *Culicoides* sp. (Gnitze), Blut saugend (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).



Abb. 41: *Simulium* sp. (Kriebelmücke), Blut saugend (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).



Abb. 42: Larve von *Tabanus* sp. (Bremse) (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).

scheinlich viele beim Menschen – wenn sie inhaliert werden – eine Allergie auslösen können; jedoch auch winzige Partikel von Insektenleichen enthalten hochwirksame Allergene. Als Auslöser von Allergien sind vor allem Schaben und Motten zu erwähnen.

5.3 Allergische und toxisch bedingte Reaktionen durch Stiche und Bisse nicht-parasitärer Arthropoden

Nicht nur auf dem Weg über das Einatmen von Allergenen, sondern auch durch Bisse oder Stiche von Arthropoden können allergisch und toxisch bedingte Symptome und Erkrankungen ausgelöst werden.

Von den nicht parasitischen Arthropoden sind Spinnen und Hymenopteren (Bienen, Wespen, Hornissen u.a.) zu erwähnen. Weltweit sind, wie oben erwähnt, weit über 120.000 Todesfälle jährlich auf diese Arthropoden zurückzuführen, in Mitteleuropa sind hingegen schwerwiegende Folgen nach Bissen oder Stichen durch Arthropoden seltene Ereignisse. Dennoch müssen Personen, die von ihrer Allergie wissen, stets durch die Verfügbarkeit entsprechender Medikamente vorbereitet sein. In Deutschland sterben in jedem Jahr etwa 10 Menschen an allergischen Reaktionen nach Bienen- oder Wespenstichen (MEBS 1992).

Auch unter dem Gesichtspunkt von Giftspinnen ist Mitteleuropa begünstigt: Es gibt bei uns keine wirklich gefährlichen Spinnen. Die Dornfingerspinne (*Cheiracanthium punctorium*, Familie Clubionidae) ist die einzige Spinne in Mitteleuropa, deren Biss zu heftigen Reaktio-



Abb. 43: *Tabanus sudeticus*, ♀ bei der Eiablage (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).



Abb. 44: *Haematopota pluvialis* (Regenbremse), saugend (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).

nen (Schmerz, Areal um die Bissstelle wird gefühllos, Lymphknotenschwellungen, selten Kopfschmerzen, Erbrechen, Fieber) führt; die akute Symptomatik verschwindet allerdings im Verlaufe eines Tages, die Hauterscheinungen können einige Tage anhalten.

5.4 Allergien durch blutsaugende Arthropoden

Blutsaugende Ektoparasiten rufen verständlicherweise vielfältige Allergien hervor. Wenn man die Mundwerkzeuge eines blutsaugenden Arthropoden, also den Stechrüssel, quer schneidet, findet man sogleich die Erklärung dafür. Wir finden zwei Röhren, eine ziemlich weitlumige, in der das Blut aufgesogen wird, und eine ziemlich englumige in der unmittelbar vor und während des Blutsaugakts Speichel in die Stichwunde eingespritzt wird. Dieser Speichel hat in unterschiedlicher Intensität gerinnungshemmende, vasodilatierende, hämolysierende, histolytische, anästhesierende (und noch andere) Eigenschaften und steht durch alle diese Funktionen im Dienste einer erfolgreichen Blutaufnahme. Die meisten dieser Substanzen, die diese Effekte bedingen, sind hochmolekulare Proteine, die damit gleichzeitig hochwirksame Allergene darstellen, auf die der Organismus – vor allem nach wiederholten Stichen – in erster Linie mit lokalen Hautveränderungen, selten mit allgemeinen allergischen Erscheinungen (z.B. von Seiten des Respirationstrakts oder des Kreislaufs) reagiert. Dies ist der Grund für alle die vielfältigen Rötungen, Papeln und Quaddeln nach Stichen (nicht Bissen!) von Zecken und anderen Milben, von Läusen, Wanzen, Stechmücken, Flöhen u.a.; siehe hierzu Beiträge KAMPEN, HABEDANK und MAIER & HABEDANK in diesem Band.

Manche davon sind mit so heftigen Reaktionen verbunden, dass sie tatsächlich den Charakter und Stellenwert einer Erkrankung annehmen. Dazu kommt, dass der mit der Reaktion verbundene Juckreiz Kratzreaktionen auslöst, die zu bakteriellen Sekundärinfektionen führen können. Alle Reaktionen nach Arthropodenstichen sind – streng histopathologisch betrachtet – natürlich krankhafte Veränderungen der Haut, aber man geht an der Realität vorbei, wenn man jede juckende Papel nach einem Gelsenstich als Erkrankung bezeichnet.

5.5 Psychische Irritationen durch Arthropoden

Dass Arthropoden – ohne zu parasitieren, ohne zu stechen, ohne zu beißen, ohne durch Allergene Krankheitserscheinungen auszulösen – trotzdem erheblich zur Beeinträchtigung des Wohlbefindens beitragen können, weiß nicht nur jeder Parasitologe (der quasi nebenbei als wissenschaftliche Anlaufstelle für alles, was mit Belästigung und Gefahren durch Tiere – von Speckkäfern bis Schlangen – zu tun hat, fungiert), sondern auch jede Schädlingsbekämpfungsfirma. Schaben, Ameisen, Käfer können manchen Menschen an den Rand der Verzweiflung bringen. Es gibt zudem ein in der Psychiatrie mittlerweile gut bekanntes und sehr genau beschriebenes Krankheitsbild, den wahnhaften Parasitenbefall. (Eine ausführliche Darstellung dieser Erkrankung wurde von MUSALEK 1991 publiziert.) In manchen Fällen haben wohl Arthropo-



Abb. 45: *Stomoxys calcitrans* (Wadenstecher) (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).



Abb. 46: *Oestrus ovis* (Dasselfliege) (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).



Abb. 47: *Ctenocephalides felis* (Katzenfloh) (Orig.-Foto Prof. Dr. Heinz MEHLHORN).



Abb. 48: *Ceratophyllus* sp. (Vogelfloh) (Orig.-Foto Dr. Heiko BELLMANN).

den als Auslöser (nicht als Ursache) der Krankheit gewirkt.

5.6 Arthropoden als Vektoren pathogener Mikroorganismen

Wie überall in der Welt, liegt auch in Mitteleuropa die größte Bedeutung von Arthropoden in ihrer Fähigkeit zur Übertragung von pathogenen Mikroorganismen – wenngleich der Stellenwert im Vergleich zu jenem in tropischen Gebieten gering erscheint. Mitteleuropa – abermals sei es gesagt – liegt in einem vom Klima begünstigten Teil der Erde, in dem nur wenige durch Arthropoden übertragene Erreger vorkommen. Dennoch, der einzelne Mensch kann auch in Mitteleuropa an einer durch Arthropoden übertragenen Infektion erkranken, schwer erkranken und auch sterben.

Tabelle 7 gibt einen Überblick über die in Mitteleuropa vorkommenden durch Arthropoden übertragenen Erreger. Es handelt sich dabei durchwegs um zyklisch übertragene Erreger, die mechanische Übertragung spielt in Mitteleuropa eine vergleichsweise äußerst geringe Rolle.

Unter dem Gesichtspunkt des medizinischen Stellenwerts haben die durch Zecken übertragenen Erreger – unter ihnen das FSME-Virus und die Borreliose-Erreger – natürlich die größte Bedeutung. Darüber hinaus können Zecken in Mitteleuropa noch einige wenige andere – seltene und/oder gering pathogene Erreger übertragen (siehe Beitrag STANEK in diesem Band).

Phlebotominae sind erst in jüngster Zeit als in Mitteleuropa autochthone Organismen nachgewiesen worden. Damit können Erreger, die ausschließlich durch Sandmücken übertragen werden, auch in Mitteleuropa zirkulieren. Das konnte bisher – nur – für *Leishmania infantum*

nachgewiesen worden, und es gibt auch keine Hinweise für das Vorkommen anderer durch Phlebotomen übertragener Erreger in Mitteleuropa. Immerhin erwähnt sei jedoch, dass in verschiedenen Teilen Südeuropas Phleboviren (*Phlebovirus* ist ein Genus der Familie Bunyaviridae) vorkommen; unter ihnen ist der Erreger des Pappataci-Fiebers, einer hoch fieberhaften aber benignen Erkrankung.

Die dritte Arthropoden-Gruppe, die Überträger von Erregern von Infektionen des Menschen in Mitteleuropa stellt, sind die Culiciden.

Stechmücken, und zwar Arten des Genus *Anopheles*, haben bis vor etwa einem halben Jahrhundert in Mitteleuropa *Plasmodium vivax*, den Erreger der benignen Malaria tertiana übertragen. (Dieses Thema wird an mehreren Stellen dieses Buches unter verschiedenen Gesichtspunkten behandelt; die Arbeit von WERNSDORFER in diesem Band ist ihm zur Gänze gewidmet.) Auch hier sei deutlich festgehalten, dass *P. vivax* in Mitteleuropa ausgerottet werden konnte, dass aber die Überträger und alle anderen ökologischen Bedingungen für eine Etablierung einer benignen Malaria tertiana nach wie vor vorhanden sind. Die Gefahr ist gering, aber selbst bei einer Einschleppung von *P. vivax* und nachfolgender Zirkulation wäre der medizinische Stellenwert gering und der Erreger in kurzer Zeit wieder ausgerottet.

Erst seit dem Ende der 50er Jahre des 20. Jahrhunderts weiß man, dass auch Mitteleuropa durch Stechmücken übertragene Viren („Arboviren") beherbergt. Der Terminus „Arboviren" ist ein rein funktioneller Begriff, der keiner systematischen Realität entspricht. Das Wort leitet sich von (engl.) „ARthropod-BOrne Viruses" (= durch Arthropoden übertragene Viren) ab. Arboviren sind Viren, die sich sowohl in bestimmten Arthropoden (z.B. Zecken, Stechmücken, Sandmücken) als auch in bestimmten Wirbeltieren (Säugetieren, Vögeln, allenfalls Reptilien oder Amphibien) vermehren und die während des Blutsaugens mit dem Speichel von dem Arthropoden auf das Wirbeltier übertragen und umgekehrt mit dem Blut von Arthropoden aufgenommen werden können.

Abbildung 43 zeigt das Grundschema von Zyklen von durch Culiciden übertragenen Arboviren. Stechmücken übertragen das Virus auf ein empfängliches Wirbeltier; das Virus vermehrt sich zunächst in bestimmten Organen (z.B. auch am Ort des Einstichs in der Haut oder in einem anderen Organ) und wird dann ins Blut ausgeschleust, wo es meist einige Tage (unter bestimmten Situationen: Stress, z.B. bei ziehenden Vögeln, oder Winterschlaf) viel länger kreist. In dieser Zeit kann es von einer blutsaugenden Stechmücke aufgenommen werden, womit der Kreislauf geschlossen ist.

Bei den meisten – vielleicht bei allen – durch Stechmücken übertragenen Viren gibt es auch die Möglichkeit einer transovariellen, also vertikalen Übertragung von einer Generation auf die andere, wobei das Virus transstadial von den schon im ♀ infizierten Eiern auf die Larven und weiter auf die Puppe und schließlich auf die Imago übertragen wird; zudem kann das Virus bei der Kopulation von einem auf den anderen Partner übertragen werden. Für die langfristige Aufrechterhaltung des Zyklus ist aber vermutlich die regelmäßige Einschaltung von Wirbeltierwirten erforderlich.

In Mitteleuropa hat man zumindest sechs durch Culiciden übertragene Viren nachgewiesen: drei Viren der Familie Bunyaviridae: Tahyna, Calovo, Lednice, ein Virus der Familie Togaviridae: Sindbis und zwei der Familie Flaviviridae: West Nile und Usutu.

Vor allem in den 1960er und 1970er Jahren haben wir auch in Österreich und zwar in den Donauauen östlich von Wien und im Neusiedlerseegebiet umfangreiche Untersuchungen über durch Stechmücken übertragene Viren durchgeführt, die in zahlreichen Arbeiten ihren Niederschlag gefunden haben: ASPÖCK (1968, 1969, 1970, 1979, 1992, 1996), ASPÖCK & KUNZ (1966, 1967, 1968, 1970, 1971a, b), ASPÖCK et al. (1970, 1971, 1973, 1974, 1977); WOJTA (1981), WOJTA & ASPÖCK (1982). Alle genannten sechs Viren wurden auch in Österreich nachgewiesen, das Tahyna-Virus und das Calovo-Virus durch Isolierungen auch aus Stechmücken, das Usutu-Virus erst kürzlich durch Isolierungen aus Vögeln (WEISSENBÖCK et al. 2002), die übrigen durch Nachweise von Antikörpern, die auf in Österreich erfolgte Infektionen schlüssig zurückgeführt werden konnten.

Die Abbildungen 44-48 zeigen die Zyklen von 5 dieser Viren in Mitteleuropa. Daraus ist ersichtlich, dass – soweit bisher bekannt – nur drei dieser Viren beim Menschen zu einer Krankheit führen können, die sich in der Regel, wenn es nach der Infektion überhaupt zu klinischen Erscheinungen kommt – in fieberhaften Infekten, z. T. mit Exanthemen und Arthralgien, manifestieren. Selten kann es beim Tahyna-Virus zu Pneumonie oder Erkrankungen des ZNS kommen, und selten kann sich nach einer West Nile-Infektion eine Meningoenzephalitis entwickeln.

Es gibt zwar bisher keinen einzigen Fall einer dokumentierten Erkrankung durch eines dieser Viren beim Menschen in Österreich, allerdings kann man davon ausgehen, dass die richtige Diagnose nur in seltenen Ausnahmefällen gestellt werden konnte, weil eine „Sommergrippe", die in irgendeinem Ort im Osten Österreichs auftritt,



Tab. 7: Durch Arthropoden zyklisch übertragene humanpathogene Mikroorganismen in Mitteleuropa.

Übertragener Mikroorganismus	Vektor	Natürliche Wirte	Krankheit beim Menschen
Arboviren:			
Flaviviridae FSME-Virus (*Flavivirus*)	*Ixodes ricinus* u. a. spp. *Dermacentor marginatus* *Haemaphysalis inermis*	Zahlreiche Säugetiere	Frühsommer-Meningoenzephalitis
West Nile-Virus (*Flavivirus*)	*Culex pipiens* u. a. spp. *Aedes* spp.	Vögel	Fieber, Exanthem, selten (ca. 1 %) Meningoenzephalitis
Usutu-Virus (*Flavivirus*)	*Culex* spp.?	Vögel	fieberhafte Erkrankung
Reoviridae Tribec-Virus (*Orbivirus*)	*Ixodes ricinus* *Haemaphysalis punctata*	Kleinsäuger, Ziege	Fieber (selten ZNS-Affektion ?)
Lipovnik-Virus (*Orbivirus*)	*Ixodes ricinus*	Kleinsäuger?	Fieber (selten ME)
Eyach-Virus (*Coltivirus*)	*Ixodes* spp.	?	Meningoenzephalitis, Polyradiculoneuritis
Bunyaviridae Uukuniemi-Virus (*Phlebovirus*)	Ixodidae	Vögel	?
Bhanja-Virus	Ixodidae (*Haemaphysalis*, *Hyalomma*, *Dermacentor* u. a.)	Kleinsäuger ; Schaf, Ziege (?)	Fieber, Arthralgie
Tahyna-Virus (*Bunyavirus*)	*Aedes* spp.	Hase, Schwein	Fieber („Sommergrippe“) selten Pneumonie, Meningitis
Calovo-Virus (*Bunyavirus*)	*Anopheles maculipennis*-Komplex	Rind, Schwein	?
Lednice-Virus (*Bunyavirus*)	*Culex* spp.	Wasservögel	-
Togaviridae Sindbis-Virus (*Alphavirus*)	*Culex* spp. (und andere Culicidae)	Vögel	Fieber, Exanthem, Arthralgie
Bakterien:			
Rickettsiales *Rickettsia prowazekii*	*Pediculus humanus*	Mensch	Fleckfieber in Mitteleuropa ausgerottet
Rickettsia slovaca	*Dermacentor marginatus*? *D. reticulatus*, *Ixodes ricinus*		TIBOLA: Lymphadenopathie, Fieber, Kopfschmerzen, Myalgie, Arthralgie, Hautreaktionen an Einstichstelle

Übertragener Mikroorganismus	Vektor	Natürliche Wirte	Krankheit beim Menschen
Bakterien (Fortsetzung):			
Anaplasma phagocytophila	*Ixodes ricinus*	?	Akut fieberhafte Infektion, Myalgien, Kopfschmerz; Progressive Leukozytopenie, Thrombozytopenie, Anämie. (Bisher als HGE bezeichnet.)
Coxiella burnetii	*Dermacentor* spp., *Ixodes ricinus* u. a. Ixodidae (vor allem aber aerogen)	Schaf, Ziege, Rind	Fieber, Kopfschmerzen, Arthralgie, atypische Pneumonie, granulomatöse Hepatitis, Myoperikanditis, Meningitis, Endocarditis
Spirochaetales, Spirochaetaceae *Borrelia burgdorferi* s. l. (*Borrelia burgdorferi* s. str. *Borrelia afzelii* *Borrelia garinii* u. a. „Spezies")	*Ixodes ricinus* u. a. Ixodidae	Kleinsäuger, viele andere Säugetiere, Vögel	Lyme-Borreliosen mit Erkrankungen der Haut, Muskeln, Herz, Nervensystem, seltener anderer Organe
Thiotricales *Francisella tularensis*	*Ixodes ricinus* *Dermacentor* spp., u. a. Ixodidae u. a. blutsaugende Arthropoden	Hasen, Kaninchen und zahlreiche andere Säugetiere	Tularämie (Hasenpest)
Protozoa:			
Apicomplexa: Haematozoa: *Plasmodium vivax* (Plasmodidiidae)	*Anopheles maculipennis*	Mensch	Malaria tertiana; in ME derzeit ausgerottet)
Piroplasmida: *Babesia divergens* andere *Babesia* spp. (Piroplasmidae)	*Ixodes ricinus* u. a. spp. Ixodidae gen. sp.	Rind ?	Babesiose (fast nur bei splenektomierten Personen): meist Fieber, „schwarzer Urin"
Euglenozoa, Kinetoplasta: *Leishmania infantum* (Trypanosomatidae)	*Phlebotomus mascittii* (u. a. spp. ?)	Hund	Viszerale Leishmaniose

selbst wenn Komplikationen dazukommen, nicht Anlass ist, die nur in Wien mögliche virologische Untersuchung durchführen zu lassen. Erst das gehäufte, epidemische Auftreten solcher Erkrankungen würde die Schritte zu einer Abklärung induzieren. Es kann kaum ein Zweifel bestehen, dass Erkrankungen durch Tahyna-Virus, vermutlich auch durch Sindbis-Virus und West Nile-Virus immer wieder auch in Mitteleuropa auftreten, aber nicht erkannt werden. Erkrankungen beim Menschen durch Tahyna-Virus sind in der Slowakei und in Tschechien in den vergangenen Jahrzehnten wiederholt festgestellt und beschrieben worden (BARDOŠ et al. 1980; ŠIMKOVA in ROSICKÝ &

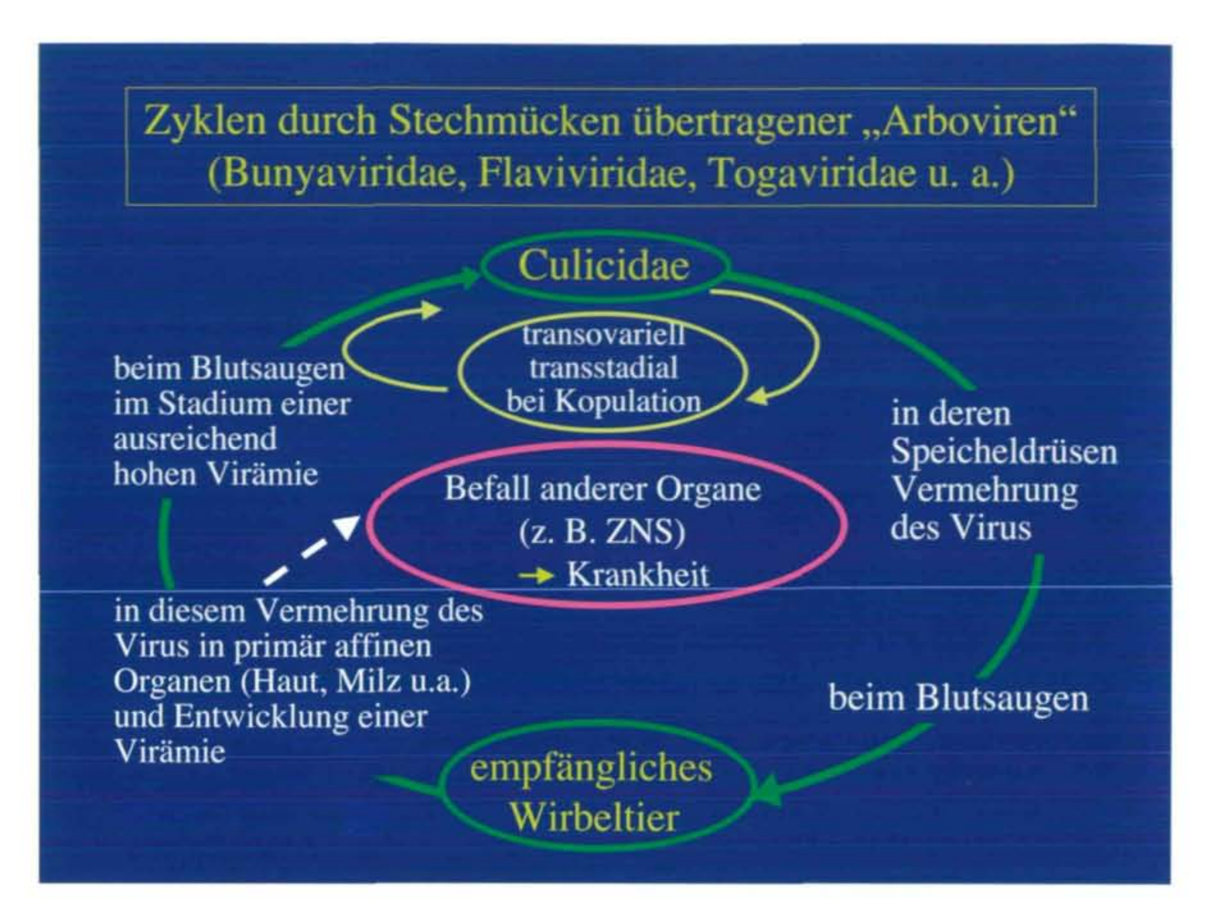


Abb. 49: Schema des Zyklus durch Stechmücken übertragenen Arboviren.

MÁLKOVÁ 1980; DANIELOVÁ 1990). Die ersten Fälle von West Nile-Fieber in Mitteleuropa wurden 1997 in Südmähren bei zwei Kindern auf der Basis von deutlichen Antikörper-Titeranstiegen aufgedeckt, zudem konnten weitere klinisch manifeste Erkrankungen retrospektiv durch serologische Untersuchungen wahrscheinlich gemacht werden (HUBALEK et al. 2000). Die Autoren vermuteten einen Zusammenhang zwischen den durch das Hochwasser angestiegene Populationsdichten der Stechmücken und der Zirkulation von durch Culiciden übertragenen Viren. HUBALEK & HALOUZKA (1999) und HUBALEK (2000) weisen aber auch auf mögliche andere Faktoren hin.

Aus den Abbildungen ist ersichtlich, dass im Falle des Sindbis- und des West Nile-Virus, möglicherweise auch des Usutu-Virus (und des für den Menschen vermutlich apathogenen Lednice-Virus) die Zyklen vermutlich nur durch Einschleppung der Viren durch Zugvögel zustande kommen. Das bedeutet zugleich, dass wir Grund zur Annahme haben, dass Sindbis-Virus und West Nile-Virus nicht in stabilen Zyklen über den Winter und schon gar nicht über Jahre hinweg in unseren Breiten persistieren, sondern nur über mehr oder weniger lange Zeiträume hinweg in der warmen Jahreszeit zwischen Stechmücken und Vögeln kreisen und auch Säuger und auch gelegentlich den Menschen infizieren.

Das West Nile-Virus (das erstmals 1937 in Uganda isoliert wurde und später in vielen Teilen Afrikas, Asiens und Europas nachgewiesen werden konnte) ist übrigens jenes Virus, das im Jahre 1999 auch in den Medien große Beachtung fand, weil es erstmals auf dem amerikanischen Kontinent auftauchte (also auf irgendeine, bis heute nicht geklärte Weise vom Nahen Osten nach Amerika eingeschleppt worden war) und im Osten der USA zu einer Epidemie führte, der auch einige (durchwegs sehr alte Menschen) zum Opfer fielen. Das Virus hat sich inzwischen in Nordamerika weiter ausgebreitet und gilt als etabliert (siehe auch MAIER Beitrag in diesem Band).

Es gibt zunächst keinen Grund zu irgendeiner Besorgnis für Mitteleuropa. Und es gibt auch – um dies in aller Klarheit auszusprechen – keinerlei Grund und keine Rechtfertigung, in irgendeinem Teil Österreichs aus medizinischen Gründen großflächige Stechmückenbekämpfungen durchzuführen. Dass Stechmücken durch ihre Vektorrolle auch in Mitteleuropa die Gesundheit einzelner Menschen gefährden können, ergibt sich aus dem vorher Gesagten.



Abb. 50: Zyklus des Tahyna-Virus in Mitteleuropa.

Diese Gefahr kann aber durch Bekämpfungsmaßnahmen keinesfalls ausgeschlossen, ja realistischer Weise nicht einmal reduziert werden. Sehr sinnvoll ist hingegen eine individuelle Prophylaxe. Konkret heißt dies, dass Kleinkinder, ebenso wie immunsupprimierte, kranke oder alte Menschen (jenseits des 70. Lebensjahres) zu Zeiten von Stechmückenmassenentwicklungen den Aufenthalt in diesen Gebieten nach Möglichkeit meiden sollten. Wenn ein Aufenthalt in solchen Gebieten trotzdem erforderlich ist, sollte von einem gut wirksamen Repellent Gebrauch gemacht werden; von den zahlreichen im Handel befindlichen Produkten sollte einem mit einem hohen (mindestens 25 %) Gehalt von Diethyltoluamid oder mit Hydroxyethyl-Isobuthyl-Piperidin-Carboxylat der Vorzug gegeben werden.

6 Hochwasser und Stechmücken aus der Sicht der Medizinischen Parasitologie

Während der Druckvorbereitung dieses Buches wurden – in der ersten Augusthälfte 2002 – große Teile Mitteleuropas von einem katastrophalen Hochwasser heimgesucht. Zahlreiche Flüsse erreichten Wasserstände, wie sie seit vielen Jahrzehnten nicht mehr gemessen worden waren, riesige Landstriche wurden überschwemmt, besonders auch in der Osthälfte Österreichs, in Tschechien und in den östlichen Teilen Deutschlands. Sicher eines der vergleichsweise geringsten Probleme war die zu erwartende Massenentwicklung von Stechmücken, trotzdem wurde ihr von manchen Medien ungewöhnliche Beachtung gezollt, es wurde vor Seuchen gewarnt, und es wurden Teufel an die Wand gemalt, die es glücklicherweise nicht gibt.

Was also ist Realität, was sind mögliche und was sind erfundene Szenarien?

Mitteleuropa beherbergt etwa 50 Stechmücken-Arten, die eine außergewöhnliche biologische Vielfalt darstellen. Gemeinsam ist ihnen, dass alle die Larven- und Puppen-Periode im Wasser zubringen, also auf Wasser angewiesen sind. Stechmücken brauchen für ihre Entwicklung stehende Gewässer, im fließenden Wasser können sie der Strömung nicht standhalten. Es gibt Arten, die die Eier auf die Wasseroberfläche legen (*Anopheles*, *Culex*, *Culiseta*, *Coquillettidia*) und solche, die sie aufs Trockene, in der Regel an den oberen Rand von Bodenvertiefungen legen (*Aedes*). Manche Spezies leben vorwiegend in größeren schilfbewachsenen Teichen oder Seen (*Anopheles*, *Culex*

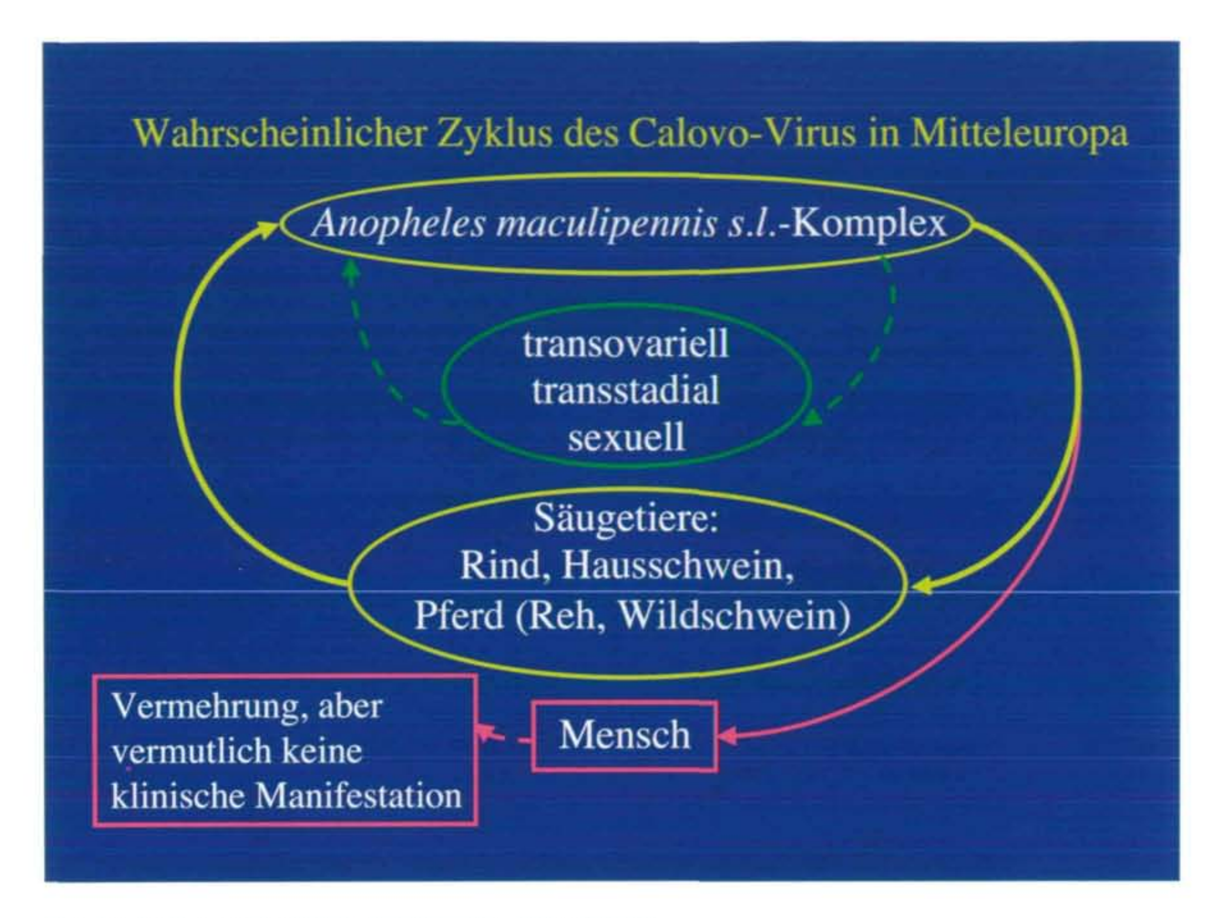


Abb. 51: Wahrscheinlicher Zyklus des Calovo-Virus in Mitteleuropa.

modestus), andere geben sich sogar mit tieferen, mit Wasser gefüllten Radspuren zufrieden (viele *Aedes*-Arten), andere mit dem Wasser in Regentonnen und anderen künstlichen Behältern (*Culex pipiens*, *Culiseta annulata*), wieder andere bevorzugen mit Wasser gefüllte Baumlöcher, sogenannte Dendrothelmen (*Anopheles plumbeus*, *Aedes geniculatus*). Stechmückenlarven ernähren sich von Mikroorganismen, die an submers wachsenden Pflanzen oder anderen Oberflächen leben, da sie aber keine Kiemen besitzen, sondern den Luftsauerstoff atmen müssen, müssen sie regelmäßig an die Oberfläche kommen, wo sie oft lange verharren, so als seien sie am Oberflächenhäutchen aufgehängt (Abb. 33). Eine Ausnahme bildet *Coquillettidia richiardii*, eine Spezies, deren Larven dadurch submers leben können, dass sie Pflanzen mit ihrem Atemrohr „anstechen" und Luft und damit den für die Atmung nötigen Sauerstoff entnehmen. Manche Culiciden bilden pro Jahr eine, andere mehrere Generationen, manche überwintern als Eier oder (selten) als Larven, andere wieder als Imagines (*Anopheles*, *Culex*, *Culiseta*). Die meisten Stechmücken Mitteleuropas bevorzugen Säugetiere als Nahrungsquelle, wobei verschiedene Arten unterschiedliche Präferenzen zeigen, nicht wenige Arten sind aber mehr oder weniger ausgeprägt ornithophil (*Culex pipiens*), andere saugen gleichermaßen gern an Säugern und Vögeln Blut (*C. modestus*, *Aedes cinereus*). Schon diese wenigen Sätze zur Biologie der Culiciden Mitteleuropas veranschaulichen deutlich, wie differenziert Stechmücken auch unter dem Gesichtspunkt der medizinischen Bedeutung zu betrachten sind.

Die alljährlich nach starken Regenfällen oder nach einem Ansteigen der Flüsse des Grundwasserspiegels verstärkt einsetzende Vermehrung von Stechmücken ist vor allem darauf zurückzuführen, dass innerhalb kurzer Zeit (weniger Tage) plötzlich eine große Zahl von Eiern – sie können, wenn der Sommer schon fortgeschritten ist, von einer früheren Generation desselben Jahres stammen, es kann sich aber auch um Eier handeln, die im Vorjahr abgelegt worden sind und den Winter überdauert haben – überflutet werden, aus denen sogleich die Larven schlüpfen. Dabei handelt es sich durchwegs um Arten des Genus *Aedes*, in Mitteleuropa sind es im wesentlichen etwa 10 Spezies, die für die großen sommerlichen Stechmückenplagen in den Flussniederungen und Überschwemmungslandschaften verantwortlich sind. Nach einem Hochwasser der Größenordnung des Jahres 2002 werden plötzlich

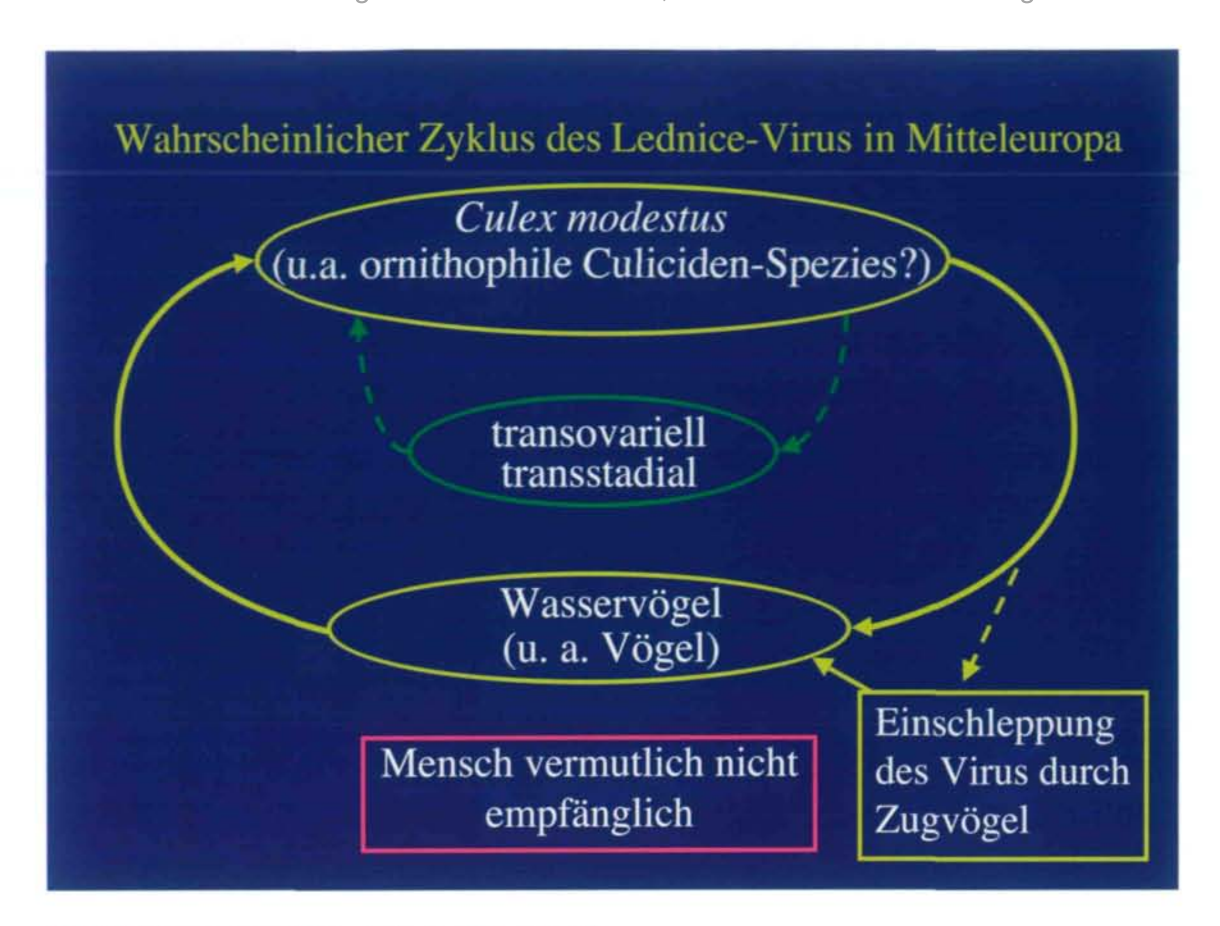


Abb. 52: Wahrscheinlicher Zyklus des Lednice-Virus in Mitteleuropa.

geradezu alle auf dem Trockenen liegenden („wartenden“) Eier überschwemmt, so dass innerhalb weniger Tage in einem solchen Gebiet Milliarden Stechmücken-Larven zur Entwicklung kommen. Bei weiterem Steigen des Wassers und anhaltender starker Strömung wird wohl ein Teil der Larven weggeschwemmt, dennoch kommt es unausweichlich zu einer Stechmücken-Kalamität in einem Ausmaß, das selbst alten Bewohnern dieser Landschaft unbekannt sein muss, weil eben solche Ereignisse nur in Abständen von vielen Jahrzehnten eintreten. Voraussetzung ist natürlich eine genügend hohe Temperatur, um die Entwicklung der Stechmücken in kurzer Zeit zu gewährleisten. Im August 2002 waren alle für Culiciden optimalen Bedingungen erfüllt, die Temperaturen anhaltend hoch, so dass die Entwicklung vom Ei bis zur adulten Stechmücke in der Regel weniger als 14 Tage in Anspruch nahm. Tatsächlich wurden in der zweiten August-Hälfte große Teile Mitteleuropas von einer exorbitanten Stechmückenplage heimgesucht. Alle in diesem Gebiet wohnenden Menschen wurden in irgendeiner Form betroffen, und die Medien nahmen sich des Themas mit Hingabe, Leidenschaft und oft gewaltigen Übertreibungen an, die – das muss man schon sagen – Verantwortungsbewusstsein vor allem dann vermissen ließen, wenn Gefahren in Aussicht gestellt wurden, die es einfach nicht gab. (Man versteht es umso weniger, wenn man sich vor Augen hält, dass die in den betroffenen Gebieten vom Hochwasser heimgesuchten Menschen durch solche Meldungen unnotwendig weiter belastet werden.) Ich selbst wurde in dieser Zeit von zahlreichen Journalisten zahlreicher Medien kontaktiert und um Stellungnahmen zu der aus der Stechmückenplage resultierenden Gefahr für die Bevölkerung gebeten. Manche Frager wollten sich sachlich informieren, um sachlich berichten zu können (was sie in vielen Fällen auch taten), andere ließen allerdings leider den Wunsch nach Sensationsmeldungen deutlich erkennen: Welche Gefahren von kürzlich eingewanderten, besonders aggressiven Stechmücken (manche sprachen von „Tiger-Mücken“, manche gleich von „Killer-Mücken“) ausgehen? Warum es durch das Hochwasser besonders große Gelsen gäbe, die auch zu besonders heftigen Reaktionen führen? Mit welchen und wie vielen Erkrankungen in der nächsten Zeit zu rechnen und wie groß die Seuchengefahr insgesamt sei? Und eine immer wieder gestellte Frage: Ob wohl AIDS durch Stechmücken übertragen werden kann? Häufig wurden diese Fragen mit der

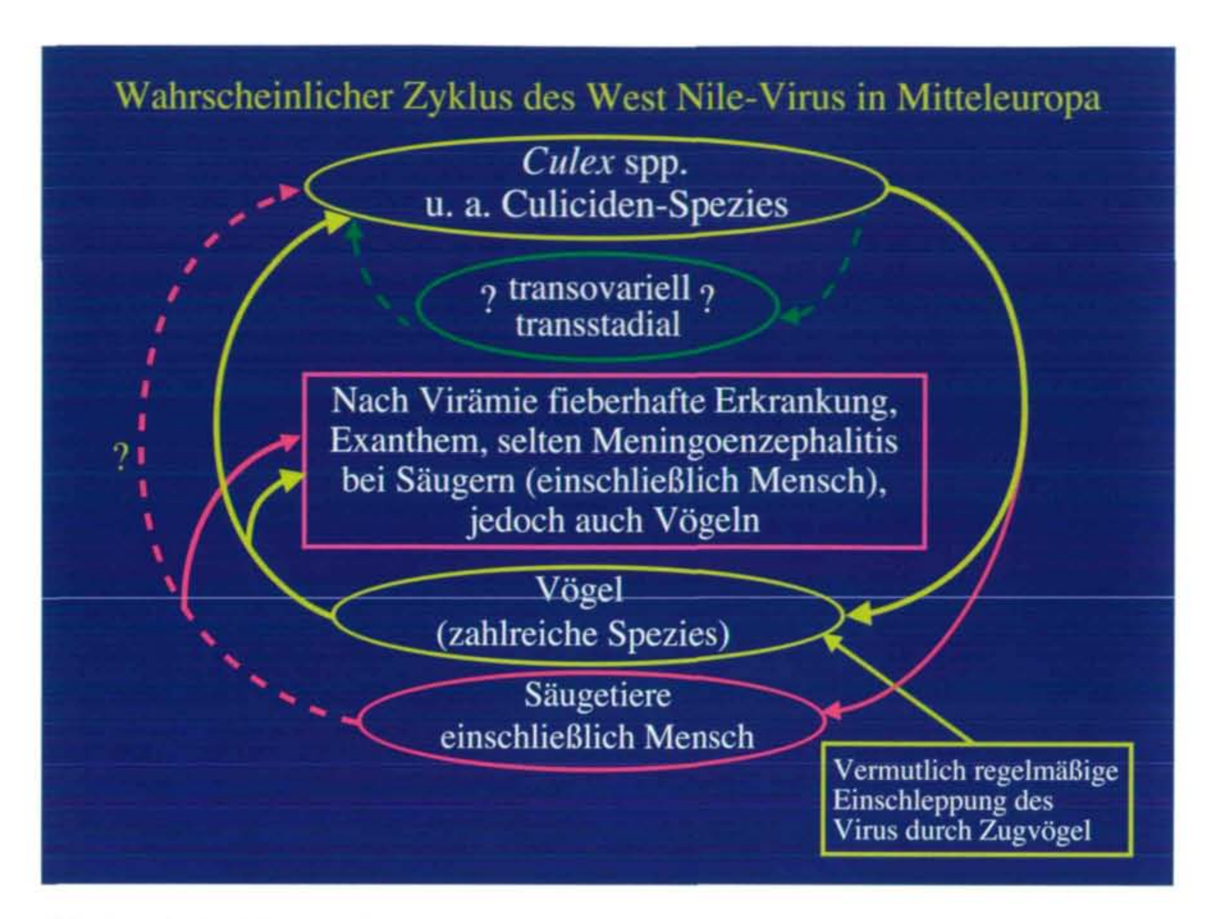


Abb. 53: Wahrscheinlicher Zyklus des West Nile-Virus in Mitteleuropa.

Frage der globalen Klimaerwärmung und der daraus abzuleitenden Ausbreitung von Krankheiten vermengt.

Selbstverständlich hat es keine Einwanderung von „besonders aggressiven Stechmücken" gegeben. (Diese Frage resultierte offenbar aus den Meldungen über die Verschleppung und weitere Ausbreitung von *Aedes albopictus* in Amerika und Europa; diese Spezies ist bislang allerdings in Österreich nicht festgestellt worden, im übrigen würde eine allfällige Einschleppung wahrscheinlich keine schwerwiegenden medizinisch relevanten Konsequenzen haben.) Zunächst wurden einfach nur besonders viele Menschen von besonders vielen Stechmücken gestochen – und zwar natürlich ausschließlich von jenen Arten, die seit eh und je in Österreich vorkommen. Gewiss hat die Frequenz der Stiche durch das wiederholte Einspritzen des als Allergen wirkenden Speichels die Intensität der Stichreaktionen verstärkt; das mag von einzelnen Personen natürlich subjektiv als sehr unangenehm empfunden werden, bei einem sonst gesunden Menschen ergibt sich daraus jedoch keine Gefahr. Ein drastisches Ansteigen der Populationsdichte von Stechmücken kann, wenn es sich dabei um Spezies handelt, die als Vektoren fungieren, zu einem Ansteigen der durch sie übertragenen Erreger – in Mitteleuropa also der oben genannten Viren – kommen. Allerdings sind die Beziehungen der zahlreichen die Viruszirkulation bestimmenden Faktoren außerordentlich kompliziert (Aspöck 1970), und ein Ansteigen der Populationsdichte der Vektoren bedeutet nicht ipso facto ein Ansteigen der Viruszirkulation. Stechmücken alleine sind zu wenig, es müssen sowohl genügend virämische als auch genügend empfängliche Vertebraten-Wirte vorhanden sein, damit sich einerseits genügend Stechmücken infizieren und damit andererseits genügend Wirbeltiere durch infektiöse Stechmücken infiziert werden können. Bei einem Ungleichgewicht kann sich der Zyklus auch totlaufen. Tatsache ist jedenfalls, dass die Aufschaukelung der Zirkulation geraume Zeit (mehrere Wochen) in Anspruch nimmt. Bei einem Hochwasser im August und der Stechmückenmassenentwicklung Ende August kann der Effekt erst zu einem Zeitpunkt eintreten, zu dem – in Mitteleuropa! – auf Grund des Rückgangs der Temperaturen im September und des massiven Absinkens der Populationsdichte der Stechmücken die Bedingungen für die Viruszirkulation erheblich verändert, man kann durchaus sagen: verschlechtert werden. Hubalek et al. (2000) und Hubalek (2001) isolierten 1997 in Südmähren aus Stechmücken sechs Stämme des Tahyna-Virus und einen

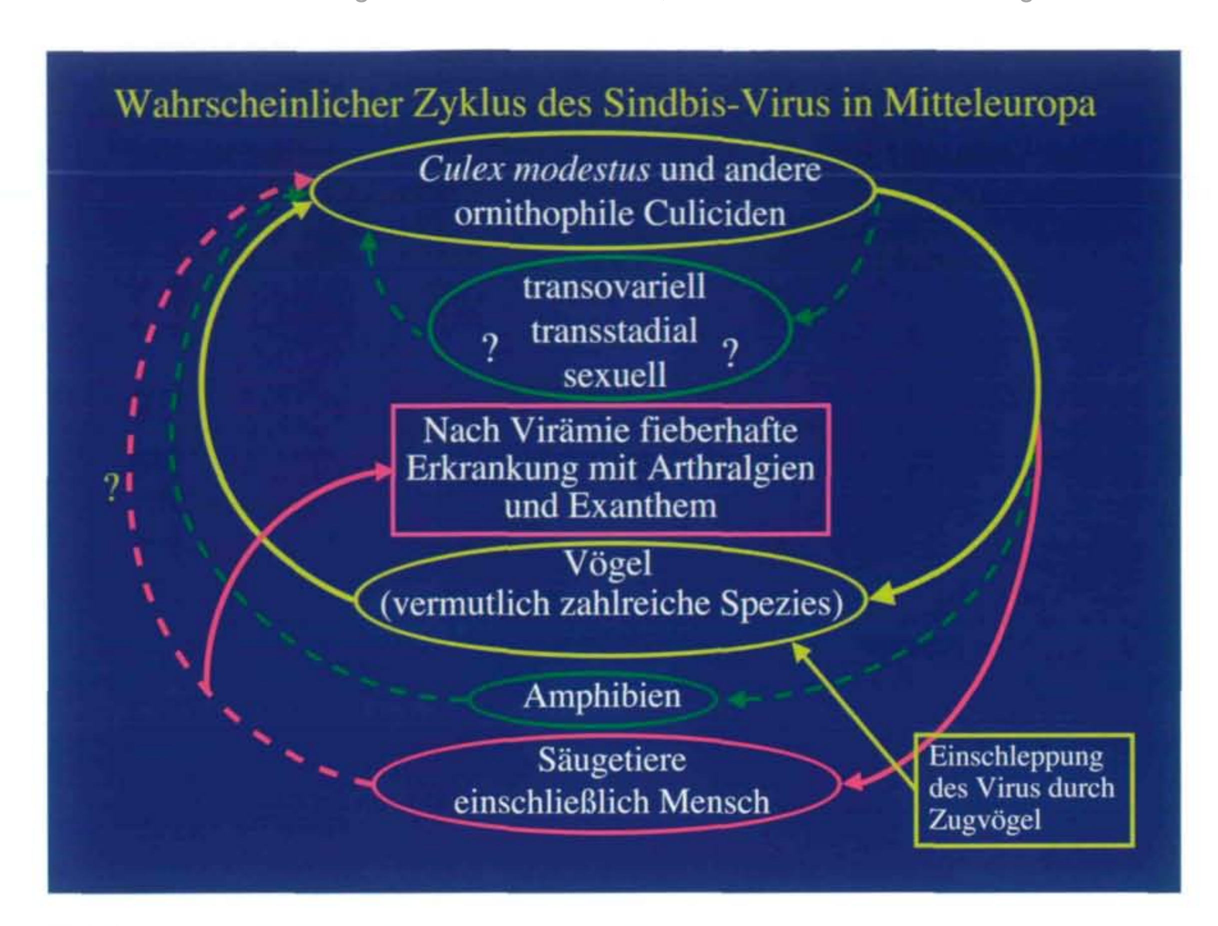


Abb. 54: Wahrscheinlicher Zyklus des Sindbis-Virus in Mitteleuropa.

Stamm des West Nile-Virus. Sie konnte auch die ersten durch West Nile-Virusinfektionen bedingten Erkrankungen beim Menschen in Mitteleuropa – durchwegs milde Verläufe ohne Enzephalitis – feststellen. Die Autoren bringen diese Nachweise der Aktivität mit einem Hochwasser im Juli 1997 in Verbindung, doch liegen keine vergleichbaren Untersuchungen aus anderen Perioden vor.

Von den genannten sechs durch Stechmücken übertragenen Viren sind vermutlich zwei – Lednice und Calovo – für den Menschen bedeutungslos. Nur von einem Virus – dem Tahyna-Virus – sind *Aedes*-Arten – und zwar gerade auch solche, die durch das Hochwasser eine Massenvermehrung erfahren haben – die den Zyklus erhaltenden Vektoren. Die Hauptüberträger des Sindbis-Virus und des West-Nile-Virus sind ornithophile Arten, insbesondere *Culex*-Spezies, deren Populationsdichten durch das Hochwasser mit gewisser Verzögerung auch ansteigen, weil sich natürlich nach dem Hochwasser zahlreiche Restgewässer bilden, auf deren Oberfläche die *Culex*-Weibchen die Eier ablegen können. Wohl können diese Viren auch von *Aedes*-Arten übertragen werden, aber *Aedes cinereus*, der im Zyklus des Sindbis-Virus in Nordeuropa als Verbindungsglied zwischen Säugern und Vögeln von Bedeutung ist, erreicht bei uns selten wirklich hohe Populationsdichten. Über die mögliche Zirkulation des Usutu-Virus in Mitteleuropa und über die involvierten Vektoren wissen wir noch zu wenig. Fest steht, dass die für den Zyklus essentiellen Wirbeltierwirte ebenfalls Vögel sind. Und schließlich muss man bei der Einschätzung der Frage des medizinischen Stellenwerts dieser Viren in Mitteleuropa (auch nach einem Hochwasser!) neuerlich klar aussprechen, dass sie beim Menschen in den weitaus meisten Fällen zu unbemerkten, klinisch inapparenten Infektionen führen, dass sie in einem kleinen Teil harmlose fieberhafte Erkrankungen, allenfalls mit Arthralgien und Exanthemen, bedingen und nur bei wenigen Menschen zu ernster Symptomatik mit Affektionen der Lungen oder des Zentralnervensystems führen.

Natürlich verdienen auch diese wenigen Fälle uneingeschränkte Beachtung. Gerade in diesem Zusammenhang ist sachliche Aufklärung wichtig. Da es keine Impfungen und keine spezifische Behandlung gibt, muss man der Prophylaxe alles Gewicht geben. Sie kann entweder gegen Stechmücken gerichtet oder individueller Art sein. Stechmücken-Bekämpfungen sind selbstverständlich überall dort gerechtfertigt, wo man wenigstens einigerma-

ßen gezielt und effektiv einen erwiesenen Vektor trifft; das ist in Mitteleuropa indes nicht der Fall. Es hat keinen Sinn einfach „Stechmücken zu bekämpfen", ohne zu wissen, welche Spezies in welchem Bereich, in welchem Ausmaß und mit welcher zu erwartenden Konsequenz reduziert werden können. So unabdingbar notwendig Stechmücken-Bekämpfungen auch im großen Stil in tropischen Ländern sind, wo sie die Erreger todbringender Krankheiten übertragen, so wenig sinnvoll erscheinen sie in Mitteleuropa, um die Zirkulation von Viren zu unterdrücken. Wenn man Stechmücken bekämpfen will, um die Belästigung auszuschalten, ist dies eine andere Motivation, die auch klar ausgesprochen und nicht hinter der angeblichen Verhütung von Infektionen versteckt werden soll. Dann ist allerdings zu überlegen, ob die hohen Kosten, der große Aufwand und nicht zuletzt auch die Möglichkeit von unerwünschten Nebenwirkungen hinreichend begründet werden können. Es ist durchaus möglich, dass man in Zukunft, wenn man Genaueres über die Zirkulation bestimmter Viren zu bestimmten Zeitpunkten weiß, solche Bekämpfungsaktionen gerechtfertigt, vielleicht sogar notwendig sein werden. Derzeit sind sie es nicht.

Hingegen sollte man individuelle Prophylaxe betreiben. Dies gilt besonders für alte Menschen (die in Amerika an West Nile-Virus Infektionen verstorbenen Menschen waren fast durchwegs betagt), für Immunsupprimierte und für Kleinkinder. Solche Menschen sollen die Gebiete mit Stechmückenplagen meiden und von Repellentien (Diethyltoluamid oder Piperidincarboxylat) und allenfalls kurzfristig auch von Insektiziden (Pyrethroide auf Kleidung oder in der Wohnung sogenannte Gelsenstecker, die ein Insektizid verdampfen) Gebrauch machen.

Wir sind in Mitteleuropa in der glücklichen Situation, dass Stechmücken nur wenige Erreger übertragen, dass diese nicht häufig und außerdem meistens ungefährlich sind. Ein Hochwasser – auch dieses furchtbaren Ausmaßes – ändert nichts daran. Wenn man sich im Sinne einer individuellen Expositionsprophylaxe richtig verhält, kann auch das Restrisiko minimiert werden.

7 Verbreitung und Ausbreitung von Vektoren aus der Sicht eines möglichen Klimawandels

Das Thema wird – regelmäßig auf allen Ebenen – von hochkompetenten Repräsentanten der von den Fragen tangierten Fächer, von Klimatologen, Glaziologen, Meteorologen, Biologen, Medizinern, ebenso wie (manchmal hat man den Eindruck vor allem) von Leuten, die davon absolut nichts verstehen und sich gedrängt fühlen, Sensationsmeldungen zu verbreiten, diskutiert.

Es ist allgemein bekannt und gut dokumentiert, dass die vergangenen zwei Jahrzehnte im Vergleich zu den übrigen Perioden des 19. und 20. Jahrhunderts global durch höhere Durchschnittstemperaturen geprägt sind. Dies manifestiert sich auch in der ebenso objektivierbaren, weil dokumentieren Verschiebung und Veränderung jahreszeitlich korrelierter Phänomene in der Natur, wie etwa des Beginns der Belaubung, des Einsetzens von Blühperioden, des Eintreffens und des Rückflugs von Zugvögeln oder in dem Zurückweichen der alpinen Gletscher (Böhm 2000).

Unter den Vektoren von pathogenen Mikroorganismen nehmen die Arthropoden eine besondere Stellung ein, weil sie als ektotherme Organismen in ihren physiologischen Prozessen weitestgehend und unmittelbar von der Außentemperatur abhängen. Das bedeutet, dass auch die Verbreitung von Arthropoden, wie aller ektothermer Organismen, in hohem Maße von der Außentemperatur abhängig ist, weil eben die Temperatur auf dem Umweg über die Steuerung artspezifischer physiologischer Prozesse oder über den noch größeren Umweg der komplexen Beeinflussung der Gesamtbiozönose einen die Verbreitung bestimmenden und letztlich (durch obere und untere Schwellenwerte) limitierenden Faktor darstellt.

Dass die Tropen und Subtropen weitaus mehr durch Arthropoden übertragene Erreger beherbergen als die gemäßigten Zonen, ist direkt oder indirekt durch die höhere Temperatur bedingt. Und so liegt es nahe, den Schluss zu ziehen, dass ein lokaler oder gar globaler Anstieg der Temperatur zu einer Ausweitung der Verbreitung von Vektoren und mit ihnen zur Ausbreitung von Krankheitserregern führt oder zumindest führen kann. Dieser Schluss ist selbstverständlich grundsätzlich richtig, doch sind letztlich die Verbreitung eines Organismus und im besonderen eines Vektors und insbesondere das (endemische oder nicht-endemische) Auftreten und die langsam erfolgende ebenso wie die explosionsartige, also epidemische Ausbreitung eines durch Arthropoden übertragenen Krankheitserregers so komplexe, multifaktorielle Phänomene, dass bei der Beweisführung für jedwede Korrelation des Auftretens von Krankheiten mit dem Klima äußerste und kritische Sorgfalt eine unabdingbare Voraussetzung ist.

Es geht dabei nicht um kurzfristige und meist nicht schwierig durchschaubare Zusammenhänge als Folge von bestimmten Wetterkonstellationen. Wenn es in unseren Breiten z.B. im Frühsommer wochenlang regnet und die Flüsse in kurzer Zeit die Niederschläge und Schmelzwässer aus den Gebirgen aufnehmen müssen, dann steigt der Grundwasserspiegel, zahlreiche Bodenvertiefungen fül-

len sich mit Wasser, und schließlich werden große Flächen überschwemmt. Dies führt dazu, dass die im Vorjahr oder noch früher im Trockenen abgelegen Eier vieler *Aedes*-Arten vom Wasser bedeckt werden, was den Reiz für das Schlüpfen der Larven darstellt. Bei warmem Wetter läuft die Entwicklung zur schlüpfbereiten Puppe schließlich in 1 bis 2 Wochen ab, sodass plötzlich Millionen von Stechmücken auftreten. Ein solches Ereignis im August 2002 in Mitteleuropa war Anlass, das vorhergehende Kapitel noch einzufügen. Mit einer großen Zahl von Stechmücken ist auch eine wichtige Voraussetzung (wenngleich nur eine von mehreren; siehe Kap. 6) für die Zirkulation von bestimmten Mikroorganismen (bei uns des Tahyna-Virus und anderer „Arboviren") gegeben. Mutatis mutandis treten solche durch das Wetter bedingte Ereignisse in jedem Jahr in vielen Teilen der Erde oft und oft ein, und zumeist haben sie den Charakter von etwas, das es vorher anscheinend (in Wirklichkeit meist eher scheinbar) noch nicht gegeben hat. Dass dies zu manchmal abstrusen Spekulationen über die Ursachen führt, darf nicht verwundern. Nur allzu schnell wird von einem zeitlich und örtlich begrenzten Ereignis auf ein globales Geschehen geschlossen und häufig wird aus solchen unzulässigen Extrapolationen auf tiefgreifende Veränderungen des Klimas und katastrophale Folgen auch unter dem Gesichtspunkt der Ausbreitung von Infektionskrankheiten geschlossen. So gibt es Schilderungen von Szenarien in allernächster Zukunft, bei denen tropische Krankheiten zu Epidemien in den heute gemäßigten Zonen führen würden.

Was kann als gesichert gelten? Zunächst muss man sich vor Augen halten, dass der in den letzten Jahren zu verzeichnende Anstieg der Temperatur auf das gesamte Postglazial bezogen (noch) völlig im Rahmen der Norm liegt. Geologie, Paläogeographie, Klimatologie und Paläoklimatologie haben in den vergangenen Jahrzehnten eine überwältigende Fülle von Daten zusammengetragen, aus denen sich überzeugende Schlussfolgerungen über das Klima früherer Perioden ableiten lassen.[1] Wir erleben – im Vergleich zu Mesozoikum und Tertiär – gegenwärtig eine relative Kaltzeit, die vor etwa 3 Millionen Jahren mit einem permanenten Absinken der Temperatur begonnen hat. Diese Periode, das Quartär, ist durch periodisches Abwechseln von Warmzeiten (Zwischeneiszeiten) und Kaltzeiten (Eiszeiten) in Abständen von etwa 100.000 Jahren geprägt. Auch wir leben de facto in einer Zwischeneiszeit, die letzte Eiszeit ist vor etwa 11.000 Jahren zu Ende gegangen, die letzte Zwischeneiszeit (mit Temperaturen ähnlich wie heute), die sogenannte Eem-Warmzeit, dauerte etwa 20.000 Jahre und ging vor etwa 115.000 Jahren zu Ende. Aber auch seit dem Ende der letzten Eiszeit hat es erhebliche Klimaschwankungen gegeben, so war die Periode vor etwa 8.000 bis 6.000 Jahren (das sogenannte Atlantikum) durch deutlich höhere Temperaturen als heute gekennzeichnet. Ebenso war es um Christi Geburt (sog. Römerzeitliches Optimum) und abermals im Mittelalter wärmer als heute. Insgesamt umfassen die Zeitabschnitte, in denen es im Sommer so warm oder wärmer war als heute 2/3 der letzten 10.000 Jahre. „Das derzeitige Temperaturniveau ist durchschnittlichen Verhältnissen näher als einer extremen Abweichung und liegt somit deutlich innerhalb des natürlichen Schwankungsbereichs der Nacheiszeit" (PATZELT 1999).

So muss man auch zumindest kritisch hinterfragen, ob der gegenwärtig beobachtete Trend der Klimaschwankung, wie oft behauptet und geradezu als bewiesen betrachtet wird, durch anthropogene Einflüsse (induzierter Treibhauseffekt) hervorgerufen wird oder auch ohne menschliches Zutun verläuft. Diese Frage zu untersuchen, ist nicht Aufgabe des Parasitologen; das muss letztlich den Klimatologen und den Repräsentanten anderer Wissenschaften, in deren Kompetenz das Problem fällt, vorbehalten bleiben.

Kritisch betrachtet gibt es (bisher) kein einziges wirklich überzeugendes Beispiel der kontinuierlichen oder auch sprunghaften Ausbreitung eines Krankheitserregers infolge der globalen Klimaerwärmung. Im übrigen ist diese Erwärmung, in großem Maßstab betrachtet, auch (noch?) viel zu kurz und viel zu gering (allenfalls 1 °C), um solche Veränderungen als harte Fakten messbar zu machen. Selbstverständlich können wir nicht ausschließen, dass klimabedingte Ausweitungen der Verbreitung von Vektoren und von durch diese übertragenen Erregern im Gange sind, aber noch lässt sich eben nichts beweisen. Wir haben insbesondere auch keinen Grund anzunehmen, dass irgendeiner der durch Arthropoden übertragenen Erreger, die erst in den vergangenen Jahren in Mitteleuropa ent-

[1] Seit der Entstehung der Erde vor 4,6 Milliarden Jahren, seit der Entstehung des Lebens vor ca. 3,5 Milliarden Jahren, seit der Evolution der Eukaryoten vor vielleicht 2 Milliarden Jahren, aber selbst nach der explosionsartigen Entfaltung höherer Lebensformen vor weniger als 600 Millionen Jahren und bis in die Gegenwart hat es ein dauerndes Kommen und Gehen von Warmzeiten und von Eiszeiten gegeben. Mindestens einmal – vor etwa 770 Millionen Jahren hat es eine globale Vereisung („die Erde als Schneeball") gegeben, der eine extreme Warmzeit (mit Temperaturen über 50 °C) folgte. Diese tiefgreifenden Veränderungen hatten viele Ursachen, eine der am meisten ins Gewicht fallenden ist die Position der dauernd sich verändernden Kontinente. Ob die Kontinente zu einem Superkontinent (Pangäa) vereinigt oder in durch Ozeane voneinander getrennte kleinere Teile „zerfallen" sind, und ob die Pole auf dem Land liegen (wie gegenwärtig der Südpol) oder im Meer sind (wie gegenwärtig der Nordpol), hat für das Klima auf der Erde eminente Bedeutung. Die jüngere Erdgeschichte – Mesozoikum und Tertiär – ist durch ausgeprägte Warmzeiten gekennzeichnet mit deutlich (um bis zu 15 °C) höheren Temperaturen als heute.

deckt worden sind, durch Klimaveränderungen bedingt nach Europa gelangt ist.

In den vergangenen 30 Jahren sind zahlreiche Infektionskrankheiten erstmals aufgetaucht („emerging infections") oder haben, nachdem sie schon der Bedeutungslosigkeit verfallen waren, wieder in ihrer Verbreitung und Prävalenz erheblich an Stellenwert gewonnen („re-emerging infections"). Bei vielen der durch Vektoren übertragenen Infektionen sind Entwicklungen des regionalen Wettergeschehens (regional kann durchaus viele 100.000 km² bedeuten) – ungewöhnlich hohe Niederschläge und großflächige Überschwemmungen oder längere Trockenperioden – ohne weiteres in kausalen Zusammenhang zu bringen. Ausbrüche von Malaria in Ägypten und Somalia und in Südamerika, von Dengue-Fieber in Südost-Asien, Mittel- und Südamerika und von Rift Valley Fever in Ostafrika sind eindrucksvolle Beispiele.

Drei Gruppen von Vektoren fallen weltweit quantitativ besonders ins Gewicht: Zecken (Ixodidae und Argasidae), Stechmücken (Culicidae) und Sandmücken (Phlebotominae). Bei allen drei Gruppen wurden in der jüngsten Zeit klimabedingte Ausweitungen der Areale behauptet, in nahezu allen Fällen wurden diese Behauptungen wenig später erheblich eingeschränkt oder gar zurükkgenommen.

Generell sind heute anthropogene Einflüsse für die Verbreitung von Krankheiten von enormer Bedeutung. Das in vielen Teilen der Erde maßlose Bevölkerungswachstum, großflächige Eingriffe in Ökosysteme, Veränderungen ganzer Landschaften, Veränderungen sozialer Strukturen in größtem Ausmaß, Bevölkerungsbewegungen (Flüchtlinge, Gastarbeiter, Touristen ...), die vielfältigen Aktivitäten des Handels und nicht zuletzt kriegerische Auseinandersetzungen und militärische Aktivitäten, auf der anderen Seite aber auch Einsatz von Medikamenten und von Insektiziden, Impfungen und vieles andere mehr haben die Verbreitung und die Ausbreitung von Krankheiten und nicht zuletzt auch von solchen, deren Erreger durch Vektoren übertragen werden, entscheidend geprägt und prägen sie weiter (siehe Beitrag MAYER in diesem Band). Im Vergleich dazu nimmt sich der Stellenwert möglicher Einflüsse durch Klimaveränderungen bescheiden aus.

Wenn allerdings jene Modelle der Entwicklung des Klimas in unserem Jahrhundert, die besagen, dass die globale Temperatur bis zum Jahr 2100 um 3 °C bis 3,5 °C steigt, zutreffend sind, dann ist selbstverständlich auch mit einer wesentlichen Verschiebung (nicht nur Ausweitung!) der Verbreitungsareale von vektorassoziierten Infektionen zu rechnen. Dies zu dokumentieren, ist nicht nur eine wissenschaftlich motivierte Herausforderung, sondern als Voraussetzung für geeignete Präventiv-Maßnahmen, aus der Sicht der Volksgesundheit und der Weltgesundheit eine selbstverständliche Forderung. Im Fall einer so exzessiven Klimaerwärmung würden sich ohne Zweifel auch sehr bedeutsame Veränderungen der ökologischen Voraussetzungen für das Vorkommen von Vektoren und der durch sie übertragenen Krankheitserreger ergeben. Konkrete Prognosen zu erstellen, hat jetzt allerdings wenig Sinn. Schon heute gilt, dass in einem bestimmten Teil der Erde nicht alle jene Vektoren und Erreger vorkommen, die vorkommen könnten. Erst recht wird dies in 50 oder sogar 100 Jahren so sein, wenn unseren Nachkommen ganz andere Möglichkeiten und Strategien der Therapie und Prophylaxe von Infektionskrankheiten und der Bekämpfung der Vektoren zur Verfügung stehen werden.

Es ist also möglich, aber in keiner Weise gesichert, dass sich das Klima in den nächsten 100 Jahren in einem Ausmaß erwärmen wird, das unter verschiedenen Aspekten für die Menschheit Bedeutung hat. Es ist auch möglich (oder sogar wahrscheinlich), dass die Menschheit selbst durch die maßlose und unkritische Nutzung von Energiequellen über den Treibhauseffekt zu einer Klimaveränderung beiträgt. (Nicht wenige Klimatologen stellen allerdings in Zweifel, dass dies als bewiesen gelten kann.) Eines muss man sich indes auch vor Augen halten: Selbst die Umsetzung aller fossilen Brennstoffe mit einem Ansteigen der CO_2-Konzentration in der Atmosphäre wird nicht verhindern, dass wir einer neuen Eiszeit entgegengehen, die vielleicht schon in 5000 Jahren ihren Anfang nehmen und in vielleicht 60.000 Jahren ihren Höhepunkt erreichen wird. Dann werden große Teile Europas wieder unter einem kilometerdicken Eispanzer liegen, und die Verbreitung von Vektoren und Erregern (ob sie dann überhaupt noch den Wirt Mensch tangieren?) wird sich wiederum vollkommen verändern. HERAKLITS berühmtes Wort gilt auch hier: Πάντα ρει – Panta rhei – Alles fließt!

8 Zusammenfassung

Arthropoden (Gliederfüßer) können – auf sehr unterschiedliche Weise – Krankheiten verursachen. Sie können selbst durch Parasitismus, als Auslöser von Allergien, durch Gifte und auch durch psychische Alterationen Krankheiten auslösen, und sie können in vielfältiger Form Erreger von zahlreichen Infektionskrankheiten übertragen.

Seit Jahrtausenden haben die Menschen parasiti-

schen, vor allem blutsaugenden Arthropoden, große Aufmerksamkeit geschenkt. Im Zentrum stand allerdings die Belästigung und nicht so sehr die Krankheit. Erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde endgültig nachgewiesen, dass Arthropoden pathogene Mikroorganismen übertragen können. Tatsächlich liegt die medizinische Bedeutung der blutsaugenden Ektoparasiten – Zecken, andere Milben, Läuse, Wanzen, Flöhe, Stechmücken, Sandmücken, Kriebelmükken ... – vor allem in ihrer Fähigkeit Krankheitserreger zu übertragen und auf diese Weise Krankheiten zu verursachen: FSME, viele andere durch Zecken übertragene Arbovirosen, Borreliosen, Fleckfieber, Morbus Chagas, Pest, Malaria, Gelbfieber, Dengue, Japanische Enzephalitis, viele andere durch Stechmücken übertragene Arbovirosen, Schlafkrankheit, Filariosen, Onchozerkose ...

Mitteleuropa ist vom Klima begünstigt und beherbergt nur wenig medizinisch bedeutsame Arthropoden. Auch in diesem Teil der Erde ist ihre Bedeutung als Überträger weitaus größer als als Erreger. Die wichtigsten durch Arthropoden übertragenen Krankheiten sind FSME und Borreliosen, sie werden durch Zecken übertragen, aber auch Stechmücken können in Mitteleuropa als Vektoren fungieren; sie übertragen mehrere Arboviren (Bunyaviren, Flaviviren, Togaviren), von denen manche mehr oder weniger regelmäßig durch Zugvögel aus tropischen Gebieten eingeschleppt werden. Und schließlich können die kürzlich als autochthon in Mitteleuropa nachgewiesenen Phlebotominae vermutlich als Vektoren von *Leishmania infantum* fungieren.

Schlüsselwörter: Arthropoden, Mitteleuropa, Parasitenkrankheit, Allergien, Vektoren pathogener Mikroorganismen, Zwischenwirte, Zecken, Milben, Läuse, Wanzen, Flöhe, Stechmücken, Sandmücken, Kriebelmücken, Bakterien, Viren, Protozoen.

9 Zitierte und weiterführende Literatur

ASPÖCK H. (1968): Weitere Untersuchungen über die durch Stechmücken übertragenen Arboviren Österreichs. — Zbl. Bakt. I Orig. **208**: 69-80.

ASPÖCK H. (1969): Die Stechmücken Ostösterreichs und ihre Bedeutung als Überträger von Arboviren. — Wien. klin. Wschr. **31**: 107-108.

ASPÖCK H. (1970): Das synökologische Beziehungsgefüge von Arboviren und seine Beeinflussbarkeit durch den Menschen. — Zbl. Bakt. I Orig. **213**: 434-454.

ASPÖCK H. (1979): Biogeographie der Arboviren Europas. – Beitr. Geoökologie Menschen, 3. Geomed. Sympos. — Geograph. Z., Beiheft **51**: 11-28.

ASPÖCK H. (1992): Insekten, Zecken und Krankheiten des Menschen. — Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent. **8**: 37-49.

ASPÖCK H. (1996): Stechmücken als Virusüberträger in Mitteleuropa. — Nova Acta Leopoldina NF **71** (292): 37-55.

ASPÖCK H. & Ch. KUNZ (1966): Isolierung des Tahyna-Virus aus Stechmücken in Österreich. — Arch. ges. Virusforsch. **18**: 8-15.

ASPÖCK H. & Ch. KUNZ (1967): Untersuchungen über die Ökologie des Tahyna-Virus. — Zbl. Bakt. I Orig. **203**: 1-24.

ASPÖCK H. & Ch. KUNZ (1968): Isolierung des Calovo- (= Bata = Chitoor-) Virus aus Stechmücken in Österreich. — Wien. med. Wschr. **118**: 497-498.

ASPÖCK H. & Ch. KUNZ (1970): Überwinterung des Calovo-Virus in experimentell infizierten Weibchen von *Anopheles maculipennis messeae* FALL. — Zbl. Bakt. I Orig. **213**: 429-433.

ASPÖCK H. & Ch. KUNZ (1971a): Antikörper gegen Tahyna-Virus und Calovo-Virus in wild lebenden und domestizierten Säugetieren im östlichen Neusiedlersee-Gebiet (Ost-Österreich). — Zbl. Bakt. I Orig. **216**: 435-440.

ASPÖCK H. & Ch. KUNZ (1971b): Serologische Untersuchungen über die Bedeutung des Hausrindes als Wirt von durch Stechmücken übertragenen Arboviren in Mitteleuropa. — Zbl. Bakt. Hyg. I Orig. A **218**: 18-23.

ASPÖCK H., KUNZ Ch. & G. PRETZMANN (1970): Phänologie und Abundanz der Stechmücken des östlichen Neusiedlersee-Gebietes (Ost-Österreich) in ihrer Beziehung zum Auftreten der durch Stechmücken übertragenen Arboviren. — Zbl. Bakt. I Orig. **214**: 160-173.

ASPÖCK H., GRAEFE G. & Ch. KUNZ (1971): Untersuchungen über die Periodizität des Auftretens von Tahyna- und Calovo-Virus. — Zbl. Bakt. Hyg. I Orig. A **217**: 431-440.

ASPÖCK H., KUNZ Ch., PICHER O. & F. BÖCK (1973): Virologische und serologische Untersuchungen über die Rolle von Vögeln als Wirte von Arboviren in Ost-Österreich. — Zbl. Bakt. Hyg. I. Abt. Orig. A **224**: 156-167

ASPÖCK H., KUNZ Ch., PICHER O. & F. BÖCK (1974): Studies on the role of birds as hosts of arboviruses in Central Europe. — Wiss. Arb. Bgld., Sonderheft **1** (1973/1): 42-43.

ASPÖCK H., KUNZ Ch. & O. PICHER (1977): Durch Stechmücken übertragene Arboviren in Österreich. — Verh. II. Int. Arbeitskolloqu. „Naturherde von Infektionskrankheiten in Zentraleuropa". Graz (25. 2.-28. 2. 1976): 81-89.

ASPÖCK H., H. AUER & J. WALOCHNIK (2002a): Parasitenzyklen: Die (manchmal) verschlungenen Wege von Wirt zu Wirt. — Denisia **6**: 13-32.

ASPÖCK H., H. AUER & J. WALOCHNIK (2002b): Parasiten und parasitäre Erkrankungen des Menschen in Mitteleuropa im Überblick. — Denisia **6**: 33-74.

BÁRDOŠ V., MEDEK M., KANIA V., HUBÁLEK Z. & Z. JUŘICOVÁ (1980): Das klinische Bild der Ťahyňa-Virus (California-

Gruppe)-Infektionen bei Kindern. — Pädiatrie **19**: 11-23.

BODENHEIMER F.S. (1928-1929): Materialien zur Geschichte der Entomologie bis LINNÉ. 2 Bände. — W. Junk, Berlin: 1-498 + 1-486.

BÖHM R. (2000): Das Klima im Wandel. — Alpenvereinsjahrbuch Berg 2000, **124**: 117-137.

CROMPTON D.W.T. (1999): How much human helminthiasis is there in the world? — The Journal of Parasitology **85** (3): 397-403.

DANIELOVÁ V. (1990): Circulation of arboviruses transmitted by mosquitoes in Czechoslovakia and some epidemiological sequelae. — Cesk. Epidemiol. Mikrobiol. Imunol. **39**: 353-358.

DOHLE W. (1996): Antennata (Tracheata, Monantennata, Atelocerata). — In: WESTHEIDE W. & R. RIEGER (Hrsg.): Spezielle Zoologie. Erster Teil: Einzeller und Wirbellose Tiere. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York: 582-584.

DÖNGES J. (1980): Parasitologie. Mit besonderer Berücksichtigung humanpathogener Formen. — Georg Thieme Verlag, Stuttgart: 1-325.

ECKERT J. (2001): 5. Parasitologie. — In: KAYSER F.H., BIENZ, K.A., ECKERT J. & R.M. ZINKERNAGEL: Medizinische Mikrobiologie. 10. komplett überarbeitete Auflage. G. Thieme Verlag, Stuttgart: 498-653.

FRANK W. (1976): Parasitologie. — Ulmer Verlag, Stuttgart: 1-510.

FUCHS M. & M. FAULDE (1997): Kompendium der Schädlingsbekämpfung. — Schriftenreihe Präventivmedizin, PM 6, Bundesministerium der Verteidigung, Referat Hygiene, Arbeits-, Umweltmedizin, Bonn: 1-359.

GEIGY R & A. HERBIG (1955): Erreger und Überträger tropischer Krankheiten. — Verlag f. Recht und Gesellschaft AG, Basel: 1-472.

GRASSBERGER M. (2002): Fliegenmaden: Parasiten und Wundheiler. — Denisia **6**: 507-534.

HABEDANK B. (2002): Die Tropische Rattenmilbe *Ornithonyssus bacoti* und andere Raubmilben – seltene Parasiten des Menschen in Mitteleuropa. — Denisia **6**: 447-460.

HABERMEHL G. (1976): Gift-Tiere und ihre Waffen. Eine Einführung für Biologen, Chemiker und Mediziner. Ein Leitfaden für Touristen. — Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York: 1-126.

HIEPE Th. & R. RIBBECK (1982): Veterinärmedizinische Arachno-Entomologie. In Th. HIEPE (Hrsg.): Lehrbuch der Parasitologie. Band 4. VEB Gustav Fischer Verlag Jena: 1-438.

HUBALEK Z. (2000): European experience with the West Nile virus ecology and epidemiology: could it be relevant for the New World? — Viral Immunol. **13**: 415-426.

HUBALEK Z. (2001): Comparative symptomatology of West Nile fever. — Lancet **358**: 261-264.

HUBALEK Z. & J. HALOUZKA (1999): West Nile fever – a reemerging mosquito-borne viral disease in Europe. — Emerg. Infect. Dis. **5**: 643-650.

HUBALEK Z., SAVAGE H.M., HALOUZKA J., JURICOVA Z., SANOGO YO. & S. LUSK (2000): West Nile virus investigations in South Moravia, Czechland. — Viral. Immunol. **13**: 427-433.

KAMPEN (2002): Die Herbstmilbe *Neotrombicula autumnalis* und andere parasitische Laufmilben (Acari, Trombiculidae) als Verursacher von Hauterkrankungen in Mitteleuropa. — Denisia **6**: 461-476.

JAHN I. LÖTHER R & K. SENGLAUB (1982; Hrsg.): Geschichte der Biologie. Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiographien. — VEB Gustav Fischer Verlag Jena: 1-859.

LEDERMÜLLER M.F. (1763): Mikroskopische Gemüths- und Augen-Ergötzung: Bestehend, in Ein Hundert nach der Natur gezeichneten und mit Farben erleuchteten Kupfertafeln, sammt deren Erklärung. — Adam Wolfgang Winterschmidt, Nürnberg: 1-204 + 4 Seiten (Register) + 100 Tab.

LÖWENSTEIN M. & A. HÖNEL (1999): Ektoparasiten bei Klein- und Heimtieren. — Enke Verlag: 1-181.

MAIER W.A. (2002) : Umweltveränderungen und deren Einflüsse auf krankheitsübertragende Arthropoden in Mitteleuropa am Beispiel der Stechmücken. — Denisia **6**: 535-547

MAIER W.A. & B. HABEDANK (2002): Läuse. — Denisia **6**: 497-506

MARTINI E. (1952): Lehrbuch der Medizinischen Entomologie. 4. überarbeitete Auflage. — Gustav Fischer Verlag, Jena: 1-694.

MEBS D. (1992): Gifttiere. Ein Handbuch für Biologen, Toxikologen, Ärzte, Apotheker. — Wissenschaftl. Verlags-GmbH Stuttgart: 1-272.

MEHLHORN H. (2001; Ed.): Encyclopedic Reference of Parasitology. 2nd edition. — Springer. Berlin, Heidelberg, New York: 1-678 + 1-667.

MEHLHORN H. & G. PIEKARSKI (2002): Grundriss der Parasitenkunde. Parasiten des Menschen und der Nutztiere. 6. überarbeitete und erweiterte Auflage. — Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin: 1-516.

MUSALEK M. (1991): Der Dermatozoenwahn. — Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York: 1-248.

MUMCUOGLU Y. & Th. RUFLI (1982): Dermatologische Entomologie. Humanmedizinisch bedeutsame Milben und Insekten in Mitteleuropa. — Beitr. Dermatologie, 9, perimedFachbuch — Verlagsgesellschaft, Erlangen: 1-225.

OCKERT G. (1944): Die Entomologie des Königlich Preußischen Hofrathe D. Johann Heinrich Jördens, 1801.— Prakt. Schädlingsbekämpfer **9:** 292-295.

PATZELT G. (1999): Werden und Vergehen der Gletscher und die nacheiszeitliche Klimaentwicklung in den Alpen. — Nova Acta Leopoldina NF **81** (314): 231-246.

PAULUS H. & P. WEYGOLDT (1996): Arthropoda, Gliederfüßer. — In: WESTHEIDE W. & R. RIEGER (Hrsg.): Spezielle Zoologie. Erster Teil: Einzeller und Wirbellose Tiere. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York: 411-419.

REAUMUR [FERCHAULT R.A.] de (1738): Memoires pour servir a L'Histoire des Insectes. Tome Quatrieme. — Paris, L'Imprimerie Royale: 1-636 + 44 tab.

REDI F. (1688): Esperienze Intorno alla Generazione degl' Insetti. Quinta Impressione. — Firenze, Piero Matini: 1-177 + 29 tab.

RÖSEL A.J. (1749): *Der monatlich=herausgegebenen Insecten=Belustigung*. Zweyter Theil, welcher acht Classen verschiedener sowohl inländischer/ als auch einiger ausländischer Insecte enthält: Alle nach ihrem Ursprung, Verwandlung und anderen wunderbaren Eigenschaften, gröstentheils aus eigener Erfahrung beschrieben, und in sauber illuminierten Kupfern, nach dem Leben abgebildet, vorgestellt. — Nürnberg, zu finden bey dem Verfasser, gedruckt bey Johann Joseph Fleischmann: 1-550 + 50 Seiten (Vorrede, Register) + 76 tab.

ROMMEL M., ECKERT J., KUTZER E., KÖRTING W. & Th. SCHNIEDER (2000): Veterinärmedizinische Parasitologie. Begründet von J. BOCH & R. SUPPERER. 5., vollständig neubearbeitete Auflage. — Parey Buchverlag Berlin: 1-915.

ROSICKÝ B. & R. MÁLKOVÁ (Eds.) (1980): Tahyna Virus. — Natural Focus in Southern Moravia. Prague: Academia.

SCHÖNWIESE C.D. (1995): Klimaänderungen. Daten, Analysen, Prognosen. — Springer Verlag, Berlin etc.: 1-224.

STANEK G. (2002): Durch Zecken übertragbare Krankheitserreger in Mitteleuropa. — Denisia **6**: 477-496.

SWAMMERDAMM J. (1752): Bibel der Natur, worinnen die Insekten in gewisse Classen vertheilt, sorgfältig beschrieben, zergliedert, in sauberen Kupferstichen vorgestellt, mit vielen Anmerkungen über die Seltenheiten der Natur erleutert, und zum Beweis der Allmacht und Weisheit des Schöpfers angewendet werden. Nebst Hermann Boerhave Vorrede von dem Leben des Verfassers. — Gledisch, Leipzig: 1-410 + 53 tab.

TARASCHEWSKI H. (2002): Akanthozephalose: Käfer als Nahrungsmittel und Quelle von parasitischen Würmern. — Denisia **6**: 393-396

WEIDNER H. & G. RACK (1993): Bestimmungstabellen der Vorratsschädlinge und des Hausungeziefers Mitteleuropas. — Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York: 1-328.

WHEELER. W.C., WHITING M., WHEELER Q.D. & J.M. CARPENTER (2001): The Phylogeny of the Extant Hexapod Orders. — Cladistics **17**: 113-169.

WEISSENBÖCK H., KOLODZIEJEK J., URL A., LUSSY H., REBEL-BAUDER B. & N. NOWOTNY (2002): Emergence of Usutu virus, an African mosquito-borne flavivirus of the Japanese encephalitis virus group, Central Europe. — Emerging Infectious Diseases **8**: 652-656

WERNSDORFER W.H. (2002): Malaria in Mitteleuropa. — Denisia **6**: 201-212

WEYER F. & F. ZUMPT (1966): Grundriss der medizinischen Entomologie. 4. neubearbeitete Auflage. — Johann Ambrosius Barth, Leipzig: 1-172.

WOJTA J. (1981): Untersuchungen über die Möglichkeit der Einschleppung durch Stechmücken übertragener Arboviren durch Vögel nach Mitteleuropa. — Diss. Univ. Wien: 1-116.

WOJTA J. & H. ASPÖCK (1982): Untersuchungen über die Möglichkeit der Einschleppung durch Stechmücken übertragener Arboviren durch Vögel nach Mitteleuropa — Mitt. Österr. Ges. Tropenmed. Parasitol. **4**: 85-98.

Anschrift des Verfassers:

Univ.-Prof. Dr. Horst ASPÖCK
Abteilung für Medizinische Parasitologie
Klinisches Institut für Hygiene und
Medizinische Mikrobiologie der Universität
Kinderspitalgasse 15
A-1095 Wien
Austria
E-mail: horst.aspoeck@univie.ac.at